



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

JOSEANE MAFESONI CALDAS

UMA HISTÓRIA DA HEREDITARIEDADE

**Florianópolis
2017**

Joseane Mafesoni Caldas

UMA HISTÓRIA DA HEREDITARIEDADE

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado a Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciada em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Kay Saalfeld, Msc.

Florianópolis
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Mafesoni Caldas, Joseane

Uma história da hereditariedade / Joseane Mafesoni
Caldas ; orientador, Kay Saalfeld - Florianópolis, SC, 2017.
85 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências
Biológicas. Graduação em Ciências Biológicas.

Inclui referências

1. Ciências Biológicas. 2. História da Biologia. 3.
Pangênese. 4. Genes. 5. Herança Epigenética. I. Saalfeld,
Kay. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação
em Ciências Biológicas. III. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
COORDENADORIA DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
Telefone (0xx48) 3721-9235. Fax 3721-9678 – e-mail: ccb@ccb.ufsc.br - <http://cienciasbiologicas.grad.ufsc.br>

BIO7016 – Trabalho de Conclusão de Curso II
ATA DE APRESENTAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Semestre _____/____

1. Aluno

Aluno: JOSEANE MAFESONI CALDAS
Número de matrícula: 10206154

2. Trabalho

Título do Trabalho: UMA HISTÓRIA DA HEREDITARIEDADE

Orientador(a): KAY SNAFELD

Co-Orientador(a): _____

Local de apresentação do trabalho: AUDITÓRIO JOSE LUTZENBERGER (CCB)

3. Avaliação pela banca examinadora

Presidente:	<u>KAY SNAFELD</u>	Nota:	<u>10</u>
Membro Titular:	<u>FREDENCO FELIPE FAIR</u>	Nota:	<u>10</u>
Membro Titular:	<u>GUSTAVO CARONI</u>	Nota:	<u>10</u>
Membro Suplente:	_____	Nota:	_____

Média Final: 10 (DEZ)

Kay Snafeld
PRESIDENTE DA BANCA

Fredenco Felipe Fair
MEMBRO TITULAR

Gustavo Caroni
MEMBRO TITULAR

MEMBRO SUPLENTE

Florianópolis, 16 de FEVEREIRO de 2017

Dedico este trabalho de conclusão de
curso ao meu orientador Prof. Msc
Kay Saalfed por demonstrar sempre
muita paciência e consideração
paternal durante os anos em que estive
sob a sua orientação.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Msc. Kay Saalfed por aceitar ser o meu orientador e por ter sido sempre um grande amigo.

Ao colega/amigo João do Valle Pereira por toda ajuda indispensável prestada com a busca de trabalhos e o auxílio com diversas traduções;

Ao meu pai Orlei e a minha mãe Idene por terem me dado a vida e pela paciência e “trabalho” que tiveram, o que me possibilitou chegar onde estou hoje;

Ao Gustavo Amaral por estar comigo nos bons e maus momentos;

A Dra. Maryangela Lopes Darella e a Amanda Adriano, pela possibilidade de realizar um trabalho que permitisse trocas de horários, me ofertando assim, a chance necessária de realizar um curso integral nesta Universidade;

A minha amiga de sempre Alviani Kunzler, pela amizade, pelas oitivas sem fim, por ter enfrentando comigo alguns bons e maus momentos durante a graduação, compartilhando sempre as alegrias, os esforços e também as angústias da vida acadêmica;

A amiga Cristiane do Prado por ter me dado ânimo e força durante as etapas finais deste trabalho.

“Penso que não é possível conhecer completamente uma ciência a não ser que se conheça sua história”.
(August Comte, 1798-1857)

“A história do Mundo necessita ser reescrita de tempos em tempos... Porém, a necessidade de fazer isto não vem porque novas opiniões são criadas quando uma pessoa em uma era posterior adota visões do seu ponto avantajadas, o passado pode ser enfocado e julgado em um modo diferente. Este é também o caso nas Ciências”.(Goethe,1749-1832)

“A história de uma teoria é a própria teoria”
(Trattner, 1958, p. 179).

RESUMO

As ideias sobre hereditariedade sempre foram teorizadas de diferentes maneiras ao longo do tempo. Os objetivos deste trabalho é apresentar como estas ideias sobre herança são tratadas, abordar o desenvolvimento do pensamento sobre a hereditariedade antes e após o conhecimento dos genes, e enfatizar os autores, os conhecimentos científicos de cada época e as suas respectivas posições filosóficas. Antes de Mendel, ou seja, antes da concepção de gene, as ideias sobre hereditariedade sempre foram muito especulativas, e prevalecendo às teorias de herança fluída e particulada. Somente a partir do final do século XIX com a utilização de técnicas microscópicas mais aprimoradas e do desenvolvimento da teoria celular que concepções mais concretas sobre hereditariedade foram apresentadas. No início de 1900 com a “redescoberta” das leis de Mendel, o nascimento da genética e do conceito de gene as ideias sobre herança começaram a ser tratadas de maneira mais científica. Mas, a medida que o conhecimento científico foi avançando novas controvérsias a respeito das concepções sobre o gene foram sendo apresentadas. Por fim, a herança Epigenética surge para provocar reflexões e questionamentos ainda maiores sobre as ideias de herança. O determinismo genético, oriundo das concepções iniciais de gene, não supre mais todo o arcabouço que as ideias sobre hereditariedade devem apresentar, tendo em vista as novas formas de transmissão e controle hereditário, que estão muito além do gene.

Palavras-chave: Gêmulas. Pangênese. Genes. Herança Epigenética. História da Biologia.

ABSTRACT

Ideas about heredity have always been theorized in different ways over time. Therefore, the objectives of this work are to show how these ideas and thoughts about inheritance were presented, to address the development of the thought about heredity before and after the knowledge of the genes, and to emphasize the authors, the scientific knowledge of each epoch and their respective philosophical positions. Before Mendel, that is, prior to gene conception, ideas about heredity have always been very speculative, prevailing to theories of fluid and particulate inheritance. It was from the late nineteenth century onwards with the use of more improved microscopic techniques and the development of the cellular theory that more concrete conceptions about heredity were presented. In the early 1900s with the "rediscovery" of Mendel's laws, with the birth of genetics and the concept of gene the ideas about inheritance began to be treated in a more scientific way. But, as scientific knowledge has advanced, new controversies about gene conceptions have been presented. Finally, Epigenetics arises to provoke even greater reflections and questions about ideas of inheritance. Genetic determinism from early gene conceptions does not supply the whole framework that ideas about heredity should present, given the new forms of hereditary transmission and control that are beyond the gene.

Key-words: Gems. Pangenesis. Genes. Epigenetics Inheritance. History of Biology.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 PRÉ-HISTÓRIA.....	21
3 O PENSAMENTO CLÁSSICO GREGO E ROMANO	23
3.1 REGISTROS SOBRE A HEREDITARIEDADE DOCUMENTADA PELOS PRINCIPAIS PENSADORES GREGOS	24
4 PENSAMENTOS MEDIEVAIS E RENASCENTISTAS.....	31
4.1 PENSADORES QUE CONTRIBUÍRAM PARA AS IDEIAS DE REPRODUÇÃO E HEREDITARIEDADE DESTE PERÍODO	31
5 IDADE MODERNA ATÉ LAMARCK.....	37
6 DA HERANÇA FLUÍDA ATÉ MENDEL.....	47
7 A CÉLULA E O NASCIMENTO DA GENÉTICA	61
7.1 A CÉLULA	61
7.2 O NASCIMENTO DA GENÉTICA: PRINCIPAIS FATOS.....	63
8 O GENE	65
9 A HERANÇA EPIGENÉTICA.....	73
10 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	79
11 REFERÊNCIAS	81

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como tema central as ideias sobre hereditariedade ao longo do tempo. Deverão ser apresentados os pensamentos e ideias que foram estabelecidos em cada época ou período, mostrando a realidade científica e as ferramentas que proporcionaram o conhecimento sobre o tema.

Atualmente muitos dos conceitos básicos que aprendemos no Ensino Médio e na Universidade sobre as ideias de herança nos remetem a Mendel, no entanto, outras teorias anteriores sobre hereditariedade, com outras concepções e enfoques também fizeram e fazem parte da história, contribuindo de alguma maneira com a construção do conhecimento científico.

Dessa maneira, como era apresentada às ideias e pensamentos sobre hereditariedade antes do conhecimento dos genes? Como ela foi tratada inicialmente por alguns pensadores gregos, ou bem mais tarde por outros autores como Maupertuis, Lamarck, Weismann e Darwin?

Assim, muitos autores argumentam que é indispensável o papel da História da Ciência para o desenvolvimento do ensino, Prestes & Caldeira (2009) explicam que existe uma vasta literatura que discute seus desafios e contribuições nos diferentes níveis de ensino que envolvem a área da Ciência. Assim, de maneira simplificada e aplicada aos estudos com a história da hereditariedade, vejamos alguns pontos relevantes que podem fornecer as “respostas” para os problemas que este trabalho apresenta, como os conceitos de hereditariedade ao longo do tempo:

- a) A História promove melhor compreensão dos conceitos científicos e métodos;
- b) Abordagens históricas conectam o desenvolvimento do pensamento individual com o desenvolvimento das ideias científicas;
- c) A História da Ciência é intrinsecamente valiosa. Episódios importantes da História da Ciência e Cultura – como os pensamentos e ideias que envolvem as abordagens sobre hereditariedade, gene, DNA, etc. – deveriam ser familiares ao estudante do Ensino Superior;
- d) A História é necessária para entender a natureza da ciência;
- e) A História neutraliza o cientificismo e dogmatismo que são encontrados frequentemente nos manuais de ensino de ciências e nas aulas;

f) A História, pelo exame da vida e da época de pesquisadores individuais, humaniza a matéria científica, tornando-a menos abstrata e mais interessante aos alunos;

A História favorece conexões a serem feitas dentro de tópicos e disciplinas científicas, assim como com outras disciplinas acadêmicas; a história expõe a natureza integrativa e interdependente das aquisições humanas (MATTHEWS, 1994, p. 50 apud PRESTES; CALDEIRA, 2009, p. 3-4).

Portanto, o objetivo deste trabalho é apresentar o desenvolvimento histórico dos conceitos sobre hereditariedade. Como também: 1. Abordar sobre o desenvolvimento do pensamento sobre a hereditariedade ao longo da história, antes do conhecimento sobre os genes; 2. Apresentar os conceitos de hereditariedade desenvolvidos ao longo da história, após a conceituação do gene; 3. Enfatizar os autores, os conhecimentos científicos de sua época e as suas respectivas posições filosóficas.

A justificativa para o desenvolvimento deste trabalho se deve a grande controvérsia envolvendo a temática hereditariedade, e visa tecer alguns esclarecimentos históricos e filosóficos, além de tornar o tema mais elucidativo e coerente com a atual realidade científica, por isto é de suma importância o desenvolvimento destas ideias.

Para Castañeda (1992) todo trabalho sério em História da Ciência deve se basear em fontes primárias, ou seja, em obras originais. As fontes secundárias, a autora esclarece que devem se basear em comentários ou artigos escritos por historiadores especializados em certos assuntos ou autores de determinadas ideias científicas, pois a qualidade de um trabalho na História da Ciência depende exclusivamente destes pré-requisitos.

Convém esclarecer, que este trabalho de conclusão de curso é um ensaio, uma ‘subida’ de ‘degraus’ para o próximo passo que é o mestrado, por isto, não é uma tese mais elaborada e não se utiliza tanto de fontes originais, mas, procura-se selecionar artigos e trabalhos de biólogos, filósofos, historiadores e outros cientistas de reconhecimento e importantes na área em questão.

A metodologia utilizada no seguinte trabalho consiste em uma pesquisa bibliográfica. As fontes consultadas foram artigos da internet e revistas on-line, teses, livros, etc. Inicialmente foram realizados levantamentos sobre a problemática que envolvia o tema hereditariedade bem como as suas implicações. Posteriormente, foram confeccionados fichamentos e realizadas leituras sobre os assuntos a serem investigados.

O trabalho divide-se nos seguintes temas ou capítulos: 1. Pré-história; 2. Pensamentos clássico grego e romano; 3. Pensamentos

medievais e renascentistas; 4. Idade Moderna até Lamarck; 5. Da herança fluída até Mendel; 6. A célula e o nascimento da genética; 7. O gene; 8. A Herança Epigenética.

Em todos os 8 (oito) temas ou capítulos trabalhados, tenta-se apresentar como a hereditariedade era entendida e como foi discutida em cada época, buscando realizar algumas contextualizações em sua maioria.

Por último, realiza-se uma conclusão sobre o entendimento e as discussões que foram feitas ao longo dos capítulos, procurando gerar reflexões sobre: o que é um gene? O que é hereditariedade?

2 PRÉ-HISTÓRIA

Foi durante o período pré-histórico, há aproximadamente 13 mil anos que foram encontrados os primeiros registros da domesticação de plantas, realizadas pelo homem (ZEDDER, 2008). Assim, constata-se que o homem há muito tempo já havia iniciado o processo de domesticação por meio da seleção artificial ou com cruzamentos, e mais tarde também com alguns animais, a exceção de animais parece ter sido o cão doméstico que pelos registros arqueológicos (crânio de cachorros) deve ter sido iniciado a sua domesticação há cerca de 15 mil anos.

Esse processo de domesticação de plantas e animais, somente foi possível porque o homem paleolítico passou a observar alterações que poderiam acontecer nas proles das espécies domesticadas (selecionadas e cruzadas), das quais eram submetidas a estas interferências humanas.

Através dessa percepção houve a possibilidade de realização da seleção ou o cruzamento de animais e plantas, das quais lhes pareceram úteis. Desta maneira a domesticação propiciou o surgimento das primeiras ideias a cerca dos fenômenos sobre a transmissão e herança das características, pois o homem daquele tempo já observava que determinados cruzamentos poderiam transmitir certas características aos seus descendentes.

Mayr (1998, p. 701) afirma:

Já os povos primitivos eram bem cientes de dois aspectos da natureza viva: uma imensa variabilidade no seio de cada espécie, e uma tendência a que as características dos pais se transmitam à sua progênie.

Talvez, os detalhes sobre as questões de herança que os povos primitivos apresentavam não eram assim realmente tão aprimorados como Mayr (1998) sugere em seus escritos.

Mayr (1998) nos fornece um exemplo evidenciando de maneira simples, que algumas civilizações antigas mesopotâmicas (5-4 mil anos atrás) promoviam a fecundação de flores de tamareiras. Para isto, eles tinham conhecimento de que era necessário retirar o pólen de uma flor macho e introduzir em outra flor fêmea.

3 O PENSAMENTO CLÁSSICO GREGO E ROMANO

Durante a antiguidade, os filósofos da natureza procuraram elucidar as questões que estavam relacionadas com a natureza e o homem. As primeiras teorias deste período foram elaboradas de maneira conjectural. Assim, surgiram diversas hipóteses filosóficas sobre as questões ligadas com a hereditariedade.

Era de conhecimento dos filósofos da época a herança de características qualitativas que eram transmitidas de pais para filhos. Tal conhecimento empírico está baseado na cultura destes povos, como as que estão descritas, por exemplo, em suas tradições (Iliadas e outras épicas). Porém, o conhecimento sobre como tais características eram transmitidas de pais para filhos eram ainda muito vagas e indefinidas.

Entretanto, quando buscamos obras e biografias da maioria dos filósofos da antiguidade, elas são escassas e fragmentadas. Os autores que contribuíram de forma relevante para as primeiras questões relacionadas à hereditariedade foram os gregos Hipócrates (460-370 a.C.) e Aristóteles (384-322 a.C.) (MAYR, 1998).

Talvez, os dois pequenos textos citados no próximo parágrafo, que são os fragmentos nomeados de 18 e 19, escritos por um filósofo grego Parmênides (530-460 a.C.) poderiam ser considerados as primeiras ideias, de que temos registro a respeito do da hereditariedade daquela época.

Fragmento 18:

Quando a mulher e o homem juntos misturam as sementes de Vênus, mantendo o equilíbrio, gera corpos bem formados. Se, contudo, misturados os sêmens, as forças se opõem, e não fazem unidade, misturados no corpo, cruéis, atormentam o sexo da criança com o duplo sêmen (PARMÊNIDES, 2013, p. 19).

Fragmento 19:

Assim, segundo a opinião, as coisas nasceram e agora são e depois crescerão e hão de ter fim. A essas os homens puseram um nome que a cada uma distingue” (PARMÊNIDES, 2013, p. 19).

3.1 REGISTROS SOBRE A HEREDITARIEDADE DOCUMENTADA PELOS PRINCIPAIS PENSADORES GREGOS

Segundo a Wikipédia francesa, Alcmeôn de Crotona (viveu por volta de 500 a.C) descreveu que os embriões nasciam com ambos os sêmens, o masculino e o feminino, e também que o sêmen em maior quantidade era o fator que determinava o sexo da criança. Afirmava que a primeira parte do corpo a ser formada era a cabeça da criança e que o embrião se nutria do corpo da mãe, como uma “esponja”.

Anaxágoras de Clazomene (500-428 a.C.) citado por Mayr (1998) foi o primeiro filósofo que procurou explicar a transmissão de características, utilizando a teoria da pangênese. A ideia da pangênese segundo Mayr (1998) afirmava que “material constitutivo das “sementes” dos seres humanos provinha de todas as partes do corpo, sendo levado aos órgãos reprodutivos através dos “humores” (p. 635)”.

Além disso, Anaxágoras propôs que só o homem produzia o sêmen e que era composto por um molde de cada órgão do futuro ser que viria a se desenvolver. As fêmeas apenas recebiam e nutriam este ser pré-formado, com isto, sugeriu a teoria da esquerda e direita. Afirmava que o sexo masculino era formado no lado direito do corpo, enquanto que o sexo feminino era formado do lado esquerdo do corpo (COIMBRA, 2010).

Já para Empédocles (490-430 a.C) era o calor do útero que determinava o sexo do bebê. Sendo assim, quando o útero estava quente geraria um indivíduo do sexo masculino, mas quando o útero estivesse frio geraria um indivíduo do sexo feminino (COIMBRA, 2010). Empédocles imaginava um imenso oceano do qual flutuavam as diversas estruturas do corpo e que poderiam se reunir ao acaso, quando produziam uma organização viável sobreviviam, caso contrário, não.

Demócrito de Abdera (460-370 a.C) por influência de Leucipo de Abdera (V a.C.) que foi seu mestre, desenvolveu ideias sobre o atomismo. Esta ideia consistia em explicar que o Mundo era composto por partículas indivisíveis, que estavam em movimento e inseridas dentro de um vácuo infinito e que todas as formas, movimentos e mudanças poderiam ser explicados em termos de tamanho, forma e movimento dos átomos (MORGAN, 1996).

Estas ideias do atomismo grego podem ter influenciado uma visão mais simplificada a respeito da natureza, pois seu objetivo era explicar o todo por suas pequenas partes. Esta tese consistia em afirmar que havia um número limitado de partículas indivisíveis, e sua combinação daria origem a todas as demais substâncias compostas (MANTOVANI, 2009).

Esta ideia também influenciou a forma que Demócrito pensava a respeito dos seus pensamentos sobre herança. Conforme explica Castañeda (1992) Demócrito atribuía a diferenciação dos sexos, como sendo determinada pela quantidade maior ou menor do número de sementes de macho ou fêmea, ou seja, quanto maior a quantidade de sementes masculinas, o sexo final será macho, ou quanto maior a quantidade de sementes femininas o sexo final deverá ser fêmea.

Outro grande pensador é Hipócrates de Cós, considerado o “pai” da medicina ocidental, por diversas literaturas. Segundo Castañeda (1992) Hipócrates afirmava que o sêmen provinha de todas as partes do corpo, transmitindo assim as características de cada prole (pangênese de Hipócrates). Também adotava a ideia da semente dupla para explicar que os licores seminais do macho e da fêmea eram indispensáveis para a fertilização, e que a sua união se daria no interior do útero, ou seja, ambos os pais participam no processo da formação de um novo ser. Deve-se, porém salientar que as obras do ‘*Corpus hipocraticus*’ possivelmente não são apenas escritos originais de Hipócrates.

A ideia sobre a pangênese de Anaxágoras, e posteriormente desenvolvida por Hipócrates também influenciou Charles Darwin (1809-1882). Porém, a diferença entre a pangênese de Hipócrates e Darwin, tratava de diferenciar o local em que as características se encontrariam. Hipócrates afirmava que elas estavam no sêmen, enquanto que Darwin afirmava estar em pequenos grãos diminutos, chamados de gêmulas, que posteriormente deveriam ser transportados pelos líquidos do corpo até as células germinativas (DARWIN, 1868).

Além de tratar das semelhanças entre pais e filhos, as causas para os fetos mal formados e a formação de gêmeos, Hipócrates também especulou sobre a determinação do sexo. Ele argumentou que às secreções femininas e masculinas podem variar, ora serem mais fortes ora mais fracas, e que os dois são provedores de sementes, mas que a semente do macho deve ser mais forte do que da fêmea. Conforme cita Castañeda (1992):

Se a semente mais forte vem dos dois companheiros, [o embrião] é macho; se for a mais fraca, é fêmea. O embrião corresponde à que predomina em quantidade. De fato, se a semente fraca é mais abundante do que a forte, ela, dominada e mistura à fraca, se transforma em semente feminina; mas se a semente forte é mais abundante que a fraca e a fraca é dominada, essa

última se torna semente masculina
(HIPÓCRATES, De la génération, p. 48; apud
CASTAÑEDA, 1992, p. 10).

Mayr (1998) explica que a escola de Hipócrates foi a que chegou mais perto sobre os conceitos de herança, pois adotavam a ideia de que as características eram transmitidas através de uma substância seminal. Hipócrates adotou a visão atomista grega para explicar as suas ideias sobre hereditariedade.

Platão (428-328 a. C.) foi autor de diversos diálogos filosóficos. Destes diálogos, no Timeu (escrito em torno de 400 a.C.), ele discursa sobre o desenvolvimento e a origem do universo e do homem.

Para Platão o mundo e o homem são constituídos de matéria formada por partículas. Estas assumem diversas conformações geométricas (triângulos isósceles) que formam os diferentes elementos fogo, terra, ar e água. A conformação e estrutura de cada uma dependem da agregação destes quatro elementos, não sendo obrigatória a fusão de todos, podendo ser dois ou três de cada vez. Por meio desta junção os resultados serão corpos sólidos perfeitos, e seus tamanhos vão ser estabelecidos pela fusão e quantidade de material utilizado (PLATÃO, 2010).

Assim, nós e o cosmos seremos formados por estas partículas, e estas características que deveriam ser repassadas para as gerações seguintes poderiam ser transmitidas, pois também continham informação.

Em uma de suas obras, *'A república'* Platão discorre sobre a formação de raças domésticas por seleção humana, e Darwin comenta em sua obra *'The variation of animals and plants under domestication'* (1868), no volume II, capítulo XX o seguinte:

Platão, em sua "República", diz a Glaucus, "Eu vejo que você levanta em sua casa um grande número de cães para a perseguição. Você toma cuidado com a reprodução e o cruzamento? Entre os animais de sangue bom, não existem sempre alguns que são superiores ao resto?" Para quais respostas de Glaucus são afirmativas. Alexandre, o Grande selecionou os melhores gados indianos para enviar a Macedônia para o melhoramento da raça (DARWIN, 1868, p. 202).

Platão considerava o Mundo das Ideias como sendo algo superior onde se encontravam Arquétipos de todas as coisas e objetos, sendo o nosso Mundo material apenas o reflexo do anterior, ou seja, a informação organizadora estaria fora da matéria (PLATÃO, 2010).

Para Aristóteles todo animal se originava a partir de um ovo. De acordo com Ramos (2009), Aristóteles não adotava a pangênese porque acreditava que macho e fêmea contribuíam de maneira desigual para o desenvolvimento do embrião. Ele citava que “macho e fêmea são as *arche* da geração, o primeiro contribuindo com a forma e a segundo com a matéria” (HIPOCRATES apud RAMOS, 2009, p. 137).

Aristóteles não adotava o atomismo grego como Hipócrates, ao invés disto, adotava a ideia do *Nous*. Tal ideia é compreendida como uma energia organizadora da matéria, como uma forma que atua sobre a matéria, atribuindo aos objetos as suas características.

Os experimentos de Aristóteles com os ovos de galinha lhe possibilitaram acompanhar o desenvolvimento gradual e por partes das estruturas anatômicas destas aves, quando ainda se desenvolviam. Todos os dias, ele quebrava um ovo e observava as etapas do desenvolvimento. Este processo ficou conhecido como a *epigênese* de Aristóteles, pois acompanhava passo a passo o surgimento e ordem das estruturas (CORREIA, 1960). Sobre a epigênese “[...] que a geração começa após a fecundação através da formação sucessiva dos vários órgãos corporais; o embrião é formado parte por parte” (RAMOS, 2005, p.82).

Em relação às ideias de herança sobre os caracteres adquiridos Aristóteles explica que:

Se jovens mutilados nascem de pais mutilados, é pela mesma razão pela qual eles se assemelham a seus pais. E os jovens de pais mutilados nem sempre são mutilados, assim como a prole nem sempre se parece a seus pais; a causa disto precisa ser investigada depois, pois este problema é o mesmo dos outros (ARISTÓTELES, G.A.I. p. 724 apud CASTAÑEDA, 1992, p. 31).

Castañeda (1992) explica que a ideia da pangênese explicaria com sucesso os casos de pais mutilados que têm filhos mutilados também, mas como sabemos isto não é regra. Assim, quando os pais mutilados têm filhos normais a ideia de que o sêmen vem de todas as partes não é adequada, somente se antes da mutilação a parte ou membro em questão “imprima” de alguma forma a estrutura do mesmo. “Mas não havia

condições de se pensar essa ideia na época: portanto, o argumento de Aristóteles colocado acima é adequado” (p. 31).

Epicuro de Samos (341-270 a.C) filósofo que viveu durante o período helenístico. Recebeu influências de Leucipo e Demócrito, adotando algumas ideias atomistas. Afirmava que nada poderia surgir do nada, e que o desenvolvimento e a mudança de um estado somente deveria ser possível se houvesse um agregado de uma combinação ou também quando houvesse a separação destas partículas (EPICURO, 2016).

Sabe-se, que Epicuro influenciou outros pensadores com a sua filosofia e o seu pensamento sobre o atomismo grego. A ideia de um Universo constituído de partículas, contribuía em muito para o pensamento sobre a formação dos corpos e de que as características poderiam ser transmitidas por estas pequenas partículas. Uma das escolas Epicuristas chegou a introduzir um conceito novo para aquela época “a existência de partículas muito pequenas e invisíveis, o que mais tarde se tornou um dos conceitos dominantes da genética” (MAYR, 1998, p. 709).

Tito Lucrécio Caro (99-55 a.C.) poeta e filósofo romano, seguiu a filosofia Epicurista para tentar libertar os romanos do domínio religioso. Adotou o atomismo grego e afirmou que se houvesse a possibilidade de alguma coisa nascer do nada, tudo também poderia nascer de tudo, e assim, portanto, nada apresentaria a necessidade de ser oriunda de uma semente (LUCRÉCIO, 1985).

Seguindo a lógica do pensamento de Lucrécio, a necessidade de algo ser originado por uma semente, não é compatível com a ideia de que um Deus poderia ser o criador do universo e dos seres que habitam o mundo, pois o mesmo afirma que “nada pode vir do nada” (LUCRÉCIO, 1985, p. 86).

Lucrécio propôs uma teoria qualitativa no qual as características dos cabelos, da face, da voz e de outras partes do corpo, “eram determinadas pela mistura de átomos contidos na semente herdada pelos ancestrais” (MAYR, 1998, p.727). Além disto, Lucrécio influenciaria muitas gerações seguintes por adotar as ideias do atomismo grego.

Galeno (130-200 d. C.) foi um médico grego (que atuou em Roma) e discutiu em suas obras assuntos relacionados à formação dos seres e suas inferências. Galeno assim como Hipócrates, atribui a fêmea um sêmen que é diferente do fluxo menstrual, também ambos acreditavam que os sêmens da fêmea e do macho se misturavam para a formação de um novo ser. A justificativa de Galeno para este fato, é que a fêmea sozinha não conseguiria formar um indivíduo, então para isto, só poderia haver a necessidade da mistura de sêmens (CASTAÑEDA, 1992).

Entretanto, Galeno também apresenta semelhança com alguns pensamentos de Aristóteles, pois considerava assim como ele que o macho era mais perfeito que a fêmea, e que isto era atribuído ao calor. Assim, as fêmeas eram mais frias e os machos mais quentes. Porém, como já mencionado, Aristóteles pensava que somente o sêmen masculino era o responsável pela formação de um novo ser, discordando nisto das ideias de Galeno (CASTAÑEDA, 1992).

Por estes e outros pensamentos, Galeno seguiu uma filosofia hipocrático-aristotélica, se tornando assim um importante personagem da antiguidade. Por ter sido um médico, muitos dos seus tratados foram usados e transmitidos ao longo dos próximos séculos.

As principais ideias e pensamentos desenvolvidos na antiguidade pelos pensadores gregos e alguns romanos provocaram grandes influências ao longo das gerações. Ideias de Epicuro (atomismo grego), Aristóteles ('Nous') e também de Hipócrates (pangênese), proporcionaram a formação de muitos pensamentos e teorias posteriores. Mayr (1998) afirma que os gregos contribuíram significativamente para as ideias de herança dentro da Biologia. Também que os gregos não consideravam a hereditariedade como algo misterioso que era dado pelos deuses, mas algo que merecia ser entendido e estudado. Além disto, muitas destas ideias formuladas serviram de objeto das grandes controvérsias genéticas do século XIX e começo do século XX.

Temos então que das civilizações clássicas gregas e romanas, primeiramente que os pensadores trataram de compreender a matéria, que perfaz a natureza. Havia então duas concepções básicas: a ideia atomista, ou seja, que a matéria é subdividida, e a ideia de uma matéria contínua. Outra grande diferença destas escolas é que a informação organizativa para os atomistas estavam nos átomos (ou seja, na matéria) enquanto que o pensamento da matéria contínua considerava que esta era penetrada por uma energia (*Nous*) que continha a informação organizativa.

Apesar de que nesses pensamentos greco-romanos não esteja propriamente uma ideia de hereditariedade, mas sim se a fonte organizadora era externa ou interna. Apenas em Hipócrates encontramos na pangênese realmente uma ideia sobre hereditariedade. Enquanto que Aristóteles filho de médico e também tendo recebido formação médica, mas seguidor de Platão, e sem fazer esta divisão de dois Mundos, considerava então a existência de uma energia organizadora, que foi adotada pelos pensadores cristãos.

Essas duas Escolas foram transmitidas primeiramente diretamente por Galeno e seus discípulos, por todo o período Medieval transmitindo

as ideias hipocrática-aristotélicas. Enquanto que, as ideias atomistas foram “redescobertas” no início do Renascimento quando o humanista Poggio Bracciolini redescobriu a obra de Lucrécio (GREENBLAT, 2012).

4 PENSAMENTOS MEDIEVAIS E RENASCENTISTAS

Da Antiguidade ao Renascimento, houve diversos autores que trataram de explicar seus pensamentos sobre reprodução e hereditariedade, entretanto não surgiu nenhuma abordagem completamente nova sobre o assunto (CASTAÑEDA, 1992).

Os árabes tiveram uma contribuição importante durante este período, pois os trabalhos dos estudiosos gregos foram traduzidos e estudados pelos pensadores árabes e persas. Os centros culturais da época se localizavam em cidades muçulmanas da Ásia, da África e da Espanha (CASTAÑEDA, 1992). Houve dois grandes centros do desenvolvimento do pensamento árabe: em Bagdá (atual Iraque) que foi o grande centro da civilização árabe e o outro na Península Ibérica.

4.1 PENSADORES QUE CONTRIBUÍRAM PARA AS IDEIAS DE REPRODUÇÃO E HEREDITARIEDADE DESTE PERÍODO

Isidoro de Sevilha (560-636) pensador cristão antes da conquista árabe, reuniu e discutiu a obra de autores anteriores, como por exemplo, Aristóteles, mas não chegou a produzir nenhum conhecimento novo. Ele parecia aceitar que o sêmen era derivado de uma mistura de comida e corpo. Castañeda (1992) cita que ele escreveu em sua obra "*Etymologiae*" no livro XV, número 1 o seguinte pensamento:

A semente é aquela que uma vez expelida, é levada ou para a terra ou para o útero e então produz frutos ou feto. Pois há um líquido formado de uma mistura da comida e do corpo que se difunde através das veias e da medula... é ejetado através do coito e recebido dentro do útero, é formado no corpo por um certo calor dos órgãos internos e pela irrigação do sangue menstrual (ISIDORO DE SEVELHA in: ZIRKLE, 1946, p. 123 apud CASTAÑEDA, 1992, p. 56-57).

Possivelmente esta ideia de que o sêmen provinha do alimento, bem como a ideia de que o feto era nutrido pelo sangue menstrual, foi concebida por influência das ideias de Aristóteles. Acredita-se também, que Isidoro de Sevilha tenha sido influenciado pelas ideias de Hipócrates,

pois afirmava que o sêmen não para apenas retirado do alimento, mas que sofria interferências do corpo do pai (CASTAÑEDA, 1992).

Avicena (980-1037) também escreveu sobre as origens do esperma em sua obra '*Canon medicinae*', conforme cita Castañeda (1992):

O esperma é o supérfluo da quarta digestão, que ocorre quando o alimento é distribuído pelos membros ao exsudar das veias, já preenchidas pela terceira digestão, e quando está, pela quantidade de umidade, muito próximo da coagulação, da qual os sólidos membros são nutridos, especialmente as veias, artérias e partes semelhantes. Em verdade, uma boa quantidade é encontrada (retida) nas veias (mas espalhadas por elas), à qual quantidade a quarta digestão já foi adicionada; e ali permanece para que as veias sejam nutridas por ele; ou então se move para os membros homogêneos, que são nutridos além do ponto de uma alteração necessária. E, em verdade, na opinião de Galeno e dos médicos, há duas sementes, uma masculina e outra feminina com o mesmo nome de "esperma" não apenas por ser um nome comum, mas por uma "unissonância". Em cada um dos dois sêmens há poder de formação e (o poder de tornar a forma) também. Mas o sêmen masculino é o mais forte no começo da formação através do comando de Deus. E o sêmen feminino é mais abundante no que se refere ao poder de tomar forma (AVICENA in: ZIRKLE, 1946, pp. 123-124; apud CASTAÑEDA, 1992, pp. 57-58).

Segundo Castañeda (1992) Avicena escreve uma versão "rebuscada" das ideias de Aristóteles, e como ele está tentando descrever algo que não pode ser observado, nada de significativo é acrescentando.

O bizantino Michel Psellus (1018-1078) acreditava que o sangue menstrual armazenava uma parte do sangue puro e que isto servia para preparar o útero para a concepção. O sêmen do macho era o responsável por formar as partes mais fortes do corpo, como os ossos, os nervos e as artérias, enquanto que as mulheres eram as responsáveis pela formação das partes fracas como o sangue e os vários tipos de bilis (descritos na época). Ou, alternativamente, todas estas partes eram vindas de ambos os sexos, com exceção do sêmen do macho que tinha o domínio sobre o sêmen da fêmea (PAPAVERO, Introdução histórica à Biologia

comparada com especial referência à biogeografia, p. 166 apud CASTAÑEDA, 1992, p. 58).

Durante o período entre 1200 e 1300, melhoras climáticas favoreceram o aumento das colheitas, o aumento do comércio e rotas de comércio, gerando grande intercâmbio comercial e cultural na Europa e também ocorreu a criação das Universidades.

Conforme Castañeda (1992), outros pensadores também expressaram às suas ideias, como o enciclopedista Vicent de Beavais (1184-1254) que tratou de apresentar diversos pensamentos a respeito da hereditariedade, mas nada congruente; Albert Magnus (1200-1280) tratou sobre a teoria da concepção de gêmeos, em sua obra '*Animalibus*' (uma das poucas obras latinas do séc. XIII que apresenta comentários dos trabalhos biológicos de Aristóteles); Thomás de Aquino (1225-1274) tratou de forma ampla sobre os aspectos ligados à hereditariedade, chegou a afirmar que todos os que ressuscitariam dos mortos no dia do Juízo Final seriam apenas pessoas do sexo masculino. Também acreditava que o sêmen provinha do excesso de alimento e afirmava que somente o sêmen do macho era o responsável pela formação de todo o corpo.

Durante o fim da Idade Média em função da ameaça da invasão turca e conquista de Constantinopla (atual Istambul) muitos estudiosos bizantinos se deslocaram para a Itália, França e Alemanha, levando consigo importantes obras gregas.

Aureolus Philippus Theophrastus Bombastus von Hohenheim (1443-1551) conhecido por Paracelsus (nome adotado por ele) – acreditava que Deus havia criado o primeiro homem por meio de uma substância (*limbus*), mas que ele tinha sido moldado e envolvido dentro de uma matriz (útero). Ele acreditava que a formação completa de um corpo se dava pelo potencial apresentado por cada um dos dois sêmens (masculino e feminino). Assim, conforme cita Castañeda (1992) ele afirmava que:

Quando a semente é recebida no útero, a natureza combina a semente do homem com a da mulher. Das duas sementes a melhor e a mais forte formará o outro de acordo com a sua natureza.... A semente do cérebro do homem e aquela do cérebro da mulher formam juntos um só cérebro; mas o cérebro da criança é formado de acordo com a semente mais forte, e ele (o cérebro da criança) se torna igual a essa semente, mas nunca

completamente igual. Pois a segunda semente quebra a força da primeira, e isto sempre resulta em uma mudança da natureza... (PARACELUS; in SELECTED WRITINGS, p. 27 apud CASTAÑEDA, 1992, p. 62).

Paracelsus também acreditava que a imaginação da mãe era tão forte que poderia influenciar a semente e mudar o fruto em seu útero de diferentes maneiras (CASTAÑEDA, 1992).

Nenhum dos pensadores citados até o momento havia realizado algum tipo de estudo experimental ou feito observações detalhadas. No entanto, foi somente anos mais tarde com Hieronymus Fabricius de Acquapendente (1533-1619) e William Harvey (1578-1657) que estes feitos foram realizados. A facilitação da escolha pelos estudos experimentais e observações mais detalhadas, possivelmente se deu pelas influências ocasionadas pela Revolução Científica sofrida neste período. Harvey era mais novo que Fabricius e foi seu discípulo em Pádua (CASTAÑEDA, 1992).

Fabricius publicou dois tratados '*A formação do ovo e do frango*' e o '*O formato do feto*'. De acordo com Castañeda (1992) o primeiro trabalho trata mais de estudos ligados a hereditariedade, e se divide em duas partes: primeiro aborda a formação do ovo e depois à geração do frango. Ele acreditava que os animais vivíparos se formavam a partir da mistura dos sêmens, e os ovíparos a partir dos ovos.

Percebe-se pelas citações e pensamentos citados por Castañeda (1992) que ele foi influenciado tanto pelos pensamentos de Aristóteles (força do sêmen masculino) e de Galeno (mistura de sêmens). Estas influências o auxiliaram para o desenvolvimento de suas teorias sobre reprodução e hereditariedade. Alguns pensamentos atomistas também são evidentes, conforme a seguinte citação:

Quando a semente de um animal é introduzida no útero, ou a semente de uma planta é colocada na terra, nós vemos que ela se transforma gradualmente em partículas do corpo, e as partes da semente não param de se transformar até que todas as partes do corpo estejam perfeitamente prontas. (FABRICIUS, The embryological treatise, p. 181 apud CASTAÑEDA, 1992, p. 67).

Fabricius também é condizente com o pensamento de Aristóteles quando afirma que a fêmea contribuiria somente com a matéria. Porém,

Harvey discordava desta opinião, e procurou contestar a ideia da valorização do sêmen masculino como sendo o único “agente eficiente da geração” (CASTAÑEDA, 1992, p. 69). Assim, baseando-se em argumentos do próprio Aristóteles e de seu mestre Fabricius, ele também realizou observações em aves e em ovos. Por isso, Harvey procura explicar a eficiência de ambos os sêmens durante o processo de geração, tanto para animais ovíparos quanto para os vivíparos.

Harvey é mais lembrado por ter descrito em detalhes o funcionamento do sistema circulatório, ele afirmava que o sangue quando bombeado pelo coração poderia percorrer o restante do corpo (SINGER, 1996). Além destes estudos com dissecação anatômica, Harvey adotou a teoria da Epigênese para explicar as suas ideias de herança, provavelmente a mesma desenvolvida por Aristóteles durante os seus estudos com embriões de galinha e segundo Ramos (2008) Harvey acreditava que muitos processos biológicos eram metafísicos e anímicos.

Assim como Hipócrates, Aristóteles e Fabricius realizaram observações do desenvolvimento de ovos de galinha, Harvey também procurou realiza-las, mas observava-os de maneira direta e realizava muitos desenhos. Sua intenção era esclarecer dúvidas e inconsistências entre os autores. Além disto, ele acreditava que poderia obter informações a respeito da formação vegetativa da alma e de sua própria natureza (CASTAÑEDA, 1992).

Contrariando seus antecessores, Harvey adota a ideia de que todos os animais se originam de um tipo de ovo. O ovo é para ele “uma concepção procedente do macho e da fêmea, igual dotado com as virtudes de um e de outro, constituindo uma unidade do qual um simples animal é engendrado” (HARVEY, *Anatomical exercise on the generation of animals*, p. 384 apud CASTAÑEDA, 1992, p. 72). Também ele afirma que:

[...] o ovo é um corpo natural dotado de virtudes animais, ou seja, princípios de movimentos e de repouso, de transmutação e conservação; é ainda mais, um corpo que sob condições favoráveis tem a capacidade de passar para uma forma animal [...] (HARVEY, *Anatomical exercise on the generation of animals*, p. 384 apud CASTAÑEDA, 1992, p.72).

Assim, Harvey acreditava que somente o macho por meio do seu sêmen colaborava para a fertilidade do ovo e realizava o ajuste necessário para a formação/desenvolvimento do pinto (CASTAÑEDA, 1992).

Somente no final do Renascimento, havendo a oposição entre a Escolástica Aristotélica continuada nesta época principalmente pelos jesuítas e o pensamento Atomista recém redescoberto e a insatisfação com a física Aristotélica, uma série de pensadores, médicos, filósofos, cientistas e pensadores humanistas desenvolveram novas ideias, iniciando um período que ficou marcado pela efervescência de ideias nas áreas da cultura, sociedade, política, religião e da ciência. Possivelmente o grande centro de difusão destas novas ideias tenha sido a Universidade de Pádua.

O médico e anatomista Andreas Versalius (1514-1564) reformulou a anatomia. Além disto, ele não concordava com as ideias de Galeno. Outro personagem médico, Girolamo Francastoro (1478-1553) sugere que muitas das doenças eram causadas por germens (microorganismos), desmitificando assim a ideia de que as doenças como a sífilis, por exemplo, eram causadas por fenômenos enviados por Deus para castigar o homem pelos pecados.

No âmbito científico, a invenção do microscópio durante o Renascimento foi de extrema importância e até mesmo indispensável na contribuição para o desenvolvimento da ciência moderna. Por meio desta nova técnica, houve a possibilidade de descobrir um universo microscópico. Já em relação à hereditariedade, sem dúvida, o uso do microscópio foi imprescindível, pois, sem ele, não seria possível realizar a descoberta da célula, conhecer suas organelas e principalmente o material hereditário.

5 IDADE MODERNA ATÉ LAMARCK

No período anterior, durante a Idade Média e Renascentismo, poucos avanços científicos puderam ser realizados. Um destes poucos avanços foi a invenção do microscópio. Esta invenção possibilitou o estudo da hereditariedade e posteriormente contribuiu fortemente para a elaboração da teoria celular.

Um dos primeiros cientistas a fazer uso dessas lentes de aumento foi Robert Hooke (1635-1703), fundador e membro da Royal Society. Hooke publicou em 1665 uma obra com o título de '*Micrografia*', que descrevia suas variadas observações microscópicas (desde cabeças de insetos, grãos de areia e até mesmo fios de seda), mas em sua maioria os materiais examinados por ele eram de origem biológica (WEISS; ZIEGLER, 1928, p. 95 apud MARTINS, 2011).

Durante a observação ele percebeu que existiam compartimentos muito pequenos na superfície de um tecido vegetal conhecido como cortiça - um tipo de casca utilizado na fabricação de rolas. Estes pequenos compartimentos lembravam uma *cella* (nome dado aos pequenos quartos ou aposentos que os religiosos utilizavam). Assim, Hooke adotou o termo de célula que é o diminutivo da palavra *cella* (TRATTNER, 1958), ou seja, ele descobriu a parede celular, portanto a matéria biológica não era contínua, mas subdividida.

Dessa maneira, o invento do microscópio abriu as portas para a observação do mundo microscópico e proporcionou ao homem a aplicação de muitas técnicas, gerando cada vez mais conhecimento, que por sua vez necessitariam de mais hipóteses e teorias para buscarem ser mais bem desenvolvidas e explicadas.

Neste período, também muitas teorias filosóficas procuravam explicar diversas ideias a respeito do Mundo e da natureza. Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) foi um filósofo, cientista, matemático e engenheiro. Segundo a Wikipédia inglesa, ele sugeriu que os elementos primários do Mundo eram as mônadas. As mônadas eram partículas elementares que não apresentariam uma separação visível. Poderiam ser comparadas aos corpúsculos da filosofia mecânica de Descartes e outros, que são elementos finais do Universo e são formas substanciais existentes com as seguintes propriedades: são eternas; não podem se decompor; são individuais e submetidas às suas próprias leis, não interagem e cada uma reflete o Universo inteiro em uma harmonia pré-estabelecida. As mônadas também eram consideradas centros de força e a substância é força

enquanto espaço matéria e movimento são meramente fenomenológicos. A essência ontológica da mônada é a sua simplicidade irreduzível. Diferentemente de átomos, as mônadas não possuem caráter material ou espacial. Elas também diferem de átomos na sua completa independência entre si, tal que interações entre mônadas são apenas aparentes, ou seja, contém a informação básica da matéria. Ao contrário, pela virtude do princípio de harmonia pré-estabelecida cada mônada segue um conjunto programado de instruções peculiar a si próprio, de tal modo que a mônada sabe o que fazer a cada momento. Pela virtude destas instruções intrínsecas cada mônada é semelhante a um pequeno espelho do Universo. Mônadas não necessitam ser “pequenas”, isto é, cada ser humano constitui uma mônada e neste caso a livre vontade é problemática.

Leipniz era preformacionista e propôs que os organismos são a conclusão de uma combinação de um número infinito de possíveis micro-estruturas e de suas forças (LEIBNIZ, 2017).

Desde os primórdios gregos até os séculos XVIII e XIX, não havia ainda certeza de quem mais participava e contribuía para o processo de formação e nutrição do embrião, se eram as fêmeas ou os machos. Segundo Mayr (1998), além desta questão mal resolvida, outras começavam a aparecer, como por exemplo, os problemas que envolviam o desenvolvimento. Por meio das descobertas feitas com o microscópio, sanaram-se muitas dúvidas, por outro lado, surgiram outros tipos questionamentos.

Durante este período existiam duas correntes de pensamento que buscavam explicar as questões e problemas que envolviam o desenvolvimento, a teoria do Preformacionismo dividida entre os espermistas e ovulistas e outra teoria que era oposta a esta, conhecida por Epigênese.

É interessante ressaltar a importância em saber que dentro das concepções do preformacionismo e da epigênese, existiam variações que não permitiam a homogeneidade conceitual de cada uma das concepções. Por exemplo, para os pensamentos que norteavam a teoria da Epigênese, existiam diversos autores que defendiam e adotavam esta ideia, mas na maioria dos casos, eles apresentavam diferentes explicações de como se desenrolava o seu mecanismo e/ou desenvolvimento.

Conforme Ramos (2005) a Epigênese ocorre quando “a geração começa após a fecundação através da formação sucessiva dos vários órgãos corporais; o embrião é formado parte por parte”. Ele propôs que todo animal se originaria inicialmente de um ovo que era produzido pela fêmea e que depois seria fertilizado pela célula germinal do macho.

O Preformacionismo se baseava na ideia de que o germe, ou as células germinais do macho e da fêmea já estavam previamente desenvolvidos nestas células. Ou seja, que

[...] a teoria do preformacionismo aceitava que o embrião já existente nunca era produzido pelos pais, mas foi criado por Deus no início dos tempos e permaneceu neste estado até o momento de seu desenvolvimento (CASTAÑEDA, 1995, p. 39).

Segundo Mayr (1998) quase todos os biólogos mais importantes do século XVII e XVIII (Malpighi, Spalanzani, Haler, Bonnet) eram ovulistas. Os ovulistas acreditavam que toda a contribuição realizada durante a formação do embrião era apenas da fêmea. Já entre os espermistas estavam Leeuwenhoek e Boerhaave (Mayr, 1998), e estes acreditam que a maior contribuição para a formação do embrião era realizada apenas pelo macho.

a) Espermista:

Anton van Leeuwenhoek (1632-1723) foi um dos mais importantes fabricantes e conhecedores de lentes de aumento. Era também conhecido na época por apresentar a maior coleção de lentes do mundo (TRATTNER, 1958), ele não só as fabricou, mas também as aperfeiçoou criando os primeiros microscópios. Além disso, foi o primeiro cientista a identificar os espermatozoides.

Ao observar esses pequenos seres que se pareciam mais com enguias e/ou vermes e/ou girinos, é que foi criado o termo “animálculos” (animal muito pequeno, visto somente ao microscópio) (Correia, 1960). É também com base em muitos desenhos de Leeuwenhoek e anotações que as teorias preformacionistas, conseguiram obter sustentação científica (TRATTNER, 1958).

Em janeiro de 1683 Leeuwenhoek, em consequência das descobertas realizadas por ele, decidiu enviar uma carta a Royal Society, na qual assumia que seu posicionamento era uma verdade e que a constatação da existência dos animálculos era incontestável, e assim ele repudiava as concepções apresentadas pelos ovulistas da época (CORREIA, 1960).

b) Ovulistas:

Como citado anteriormente, Mayr (1998) nos forneceu diversos nomes de cientistas que eram considerados ovulistas, ou seja, aqueles que

consideravam a fêmea a responsável pela função geradora, aqui são destaques Haller e Bonet.

Albrecht vom Haller (1708-1777) foi um médico, botânico, fisiologista, político e poeta. No livro o ‘Ovário de Eva’: A origem da Vida (1969), de Clarissa Correia, a autora nos apresenta as diversas opiniões sobre Haller ao longo da sua vida. A primeira ideia que ele adotou foi a respeito da pré-formação espermista. Em 1740 ele adotou a Epigênese para explicar suas ideias de herança. E por último, em 1750, adotou as ideias preformacionistas do ovo materno. Então, em 1758 publicou a sua primeira obra embriológica ‘*Sur la formation du coeur dans le poulet*’.

Nessa obra ele explica que era possível encontrar um embrião em um ovo não fertilizado e que os elementos essenciais do feto já estavam completos, ou seja, eram suficientes para ser gerado somente com o material existente dentro dos ovários da mãe-galinha, não necessitando assim, a contribuição do macho para completar o processo de formação.

Além disso, Haller foi um homem muito devotado às questões relacionadas à religião. As ideias do preformacionismo se encontravam plenamente de acordo com a Bíblia, conforme a seguinte citação:

Haller defendia apaixonadamente esta opinião, dentro e fora do terreno científico, afirmando que os ensinamentos da Bíblia e da religião revelada exigiam que as coisas se passassem assim. Porque a doutrina da preformação era essencialmente o dogma da *criação original*, segundo o qual toda a formação da vida foi completada por Deus no começo do mundo. Todos os indivíduos de cada espécie animal ou vegetal – assim diziam os preformistas – tinham sido criados simultaneamente e para sempre; a primeira fêmea de cada espécie trazia em si todos os indivíduos dessa espécie, presentes e futuros, até a consumação dos séculos. Quanto ao gênero humano, as formas de todos os homens estavam contidas no ovário de Eva, postas ali pela Divindade. As vidas de todas as gerações por nascer já vinham inclusas no corpo da Primeira Mãe, formando uma série de embriões encaixados uns nos outros, como os estojos chineses. Calculava-se que, como cada fêmea teria necessariamente um ovo de menos, a provisão recebida por Eva desse 200.000.000 de gerações.

Ao cabo desse tempo, a raça se extingiria (CORREIA, 1960, p. 184).

Charles Bonnet (1720-1793) foi um biólogo, escritor, filósofo e entomólogo. Descreveu o processo de partenogênese em algumas espécies de pulgões e também sobre a regeneração em vermes de água doce. Em 1762 ele publica sua obra com o título de '*Considerations sur les corps organisés*' (Correia, 1960).

As principais ideias que Bonnet tratava em sua obra era sobre a dicotomia que existia entre o preformacionismo e a epigênese. Nesta obra ele desenvolve duas hipóteses: A primeira afirmava que todos os corpos organizados de uma mesma espécie se encontravam encapsulados um dentro do outro, e que assim, eles se desenvolviam sucessivamente. Porém, esta teoria não implicava em afirmar que o futuro ser estaria completamente formado: por isso ele adotou o termo de “partes essenciais” e que estas se tornariam cada vez maiores e ordenadas, por meio do desenvolvimento. A segunda hipótese tratava de afirmar que estes germes se encontravam espalhados por toda a parte, e que quando encontrassem as condições adequadas (corpo de uma matriz) estes poderiam se desenvolver (CORREIA, 1960).

c) Epigeneticistas:

Pierre-Louis Moreau de Maupertuis (1698-1759) foi um filósofo, matemático e astrônomo francês. Ramos (2009) afirma que este autor adotava uma epigênese do tipo atomista classificada dentro de uma linha de pensamento baseada em Descartes. A concepção da epigênese tradicional era baseada em Aristóteles e Harvey da qual se acreditava que não existiam a pré-formação de partes e nem do todo. Segundo Ramos (2005) a concepção de Maupertuis é explicada da seguinte maneira:

[...] a epigênese atomista implica a aceitação de partes e opor-se-ia apenas à pré-formação do todo.
[...] A epigênese atomista, como vimos, implica uma pré-formação de partes seminais.

Ramos (2009) ainda esclarece que mesmo Maupertuis adotando uma linha de pensamento hipocrático-atomista, as concepções de Harvey foram indispensáveis para ele, pois adotaria “algumas ideias aristotélicas sobre a geração”.

Georges-Louis Leclerc, conde de Buffon (1707-1788) foi naturalista, matemático e escritor francês. Em sua obra '*Histoire*

Naturelle', Buffon desenvolveu a sua teoria da geração. Nesta obra, ele utilizou “partículas orgânicas”, para descrever uma nova teoria sobre a reprodução. Tais “partículas” formavam arranjos e combinações, e seus agrupamentos apresentavam certas afinidades que conduziam a formação de seres orgânicos como as plantas e os animais (CORREIA, 1960).

Castañeda (1995) cita que Buffon afirma que deva existir algum mecanismo interno em que a reprodução encontre alguma base, definida por ele como o “molde interior”. Também esclarece melhor as ideias e pensamentos de Buffon, sobre as questões de hereditariedade e a organização dos seres, quando escreve que:

Tanto a reprodução como a geração e o crescimento estariam para Buffon, relacionados com a existência deste molde interior, onde as moléculas orgânicas se agrupariam por afinidade, da mesma forma que o fenômeno da queda livre e dos movimentos planetários justificam a hipótese da gravidade universal. Impressionado com física newtoniana, Buffon sugeriu que o molde interior provavelmente possuiria uma força atrativa. As moléculas seriam introduzidas no corpo pela alimentação e só operariam no desenvolvimento do organismo quando incorporadas intimamente às partes que lhes correspondessem. Essa incorporação íntima ocorreria através do molde interior. Esse termo é ambíguo e seu significado foi muito discutido. Maupertuis, e depois Cuvier, se queixaram de nunca o terem compreendido muito bem, pois poderia se referir tanto ao mecanismo no qual as moléculas vão se distribuir no organismo, através das semelhanças entre si, como também ao próprio corpo possuidor de uma forma oca onde as moléculas se agrupariam, ou ainda, a um processo onde estas duas interpretações ocorreriam simultaneamente (CASTAÑEDA, 1995, p. 14).

Para Correia (1960), Buffon não se satisfazia com os diversos pensamentos acerca do preformacionismo e não gostava das teorias que “conduziriam necessariamente à ideia da existência real do infinito geométrico e aritmético”, ou seja, ele não concordava com ideias que não eram infinitas e definidas.

Mais tarde, Buffon formaria parceria também com John Tuberville Needham (1713-1781) que foi um naturalista inglês, defensor fervoroso

da abiogênese. Juntos formularam uma teoria chamada de Força Vegetativa. De acordo com Correa (1960) os mesmos discordavam sobre o modelo proposto por Buffon do molde interior, mas concordavam quanto “a natureza possuía uma verdadeira força produtiva, e essa força era suficiente para explicar a forma e o crescimento no mundo vivo”. Em relação a Maupertuis e Buffon eles apenas discutiam com exemplos como a transformação das espécies ocorria e não apresentam mecanismos como os propostos por Lamarck.

Caspar Friedrich Wolff (1734-1793) foi um médico alemão que contribuiu muito para os estudos embriológicos. Wolf adotava a teoria da epigênese para explicar o desenvolvimento. Ao contrário de Haller e Bonnet, Wolff apresentava maior base científica para os seus argumentos, tendo em vista que ele utilizava o microscópio durante os seus estudos na observação do desenvolvimento (TRATTNER, 1958).

Já em 1759, Wolff, apresenta a sua tese de doutorado com o título de ‘*Theoria Generationis*’. Nesta obra, ele esclarece que não existem embriões imbrincados ou encaixados que demonstrem a possibilidade da ocorrência da pré-formação, como afirmaria Haller e Bonnet (TRATTNER, 1958).

d) Outros posicionamentos da mesma época:

Erasmus Darwin (1731-1802) foi um médico inglês que se dedicou aos estudos de medicina e botânica, e muitos dos seus estudos foram escritos em forma de poemas. De acordo com Donda (2015) a maioria dos cientistas e médicos da época adotava a preformação e a existência do homúnculo quando tratavam das ideias sobre hereditariedade, mas Erasmus Darwin foi contrário a estes dois pensamentos. Ele também acreditava que todos os seres apresentavam uma mesma origem, um único filamento vivo.

De acordo com Mayr (1998), Darwin (1731) adotava a teoria das fibras (que segundo o dogma de Hipócrates, o corpo era formado por líquidos e sólidos, e que esta parte sólida seria formada por estas fibras). Haller também foi o principal defensor desta teoria, porém, mesmo estando errada, ela passou a chamar a atenção para o problema das “partículas últimas constitutivas do corpo”.

Jean-Baptiste Pierre-Antoine de Monet (1744-1829), conhecido como o cavaleiro de Lamarck, adotou a teoria da geração espontânea para explicar o surgimento da vida (SÉGINGER, 2015; MARTINS, 2008). E conforme o trabalho de Martins (2008) Lamarck acreditava que existiam fluidos que interagiam e organizavam a matéria, e que existia um fluido

do tipo repulsivo e outro atrativo, bem como corpos mais e menos complexos. Para o fluido sutil (*força repulsiva*) ele nomeou como *orgasmo vital*.

A seguinte citação explica melhor como funciona este mecanismo. Constatase que houve a necessidade em analisar o entendimento dele sobre a origem da vida para então saber a forma que Lamarck entendia também os fenômenos da hereditariedade e produção, veja:

Por todos os lugares, são os fluidos em movimento (uns contíveis e outros incontíveis) que vão exercer suas influências sobre os órgãos; e por todos os lugares também são as partes flexíveis que, às vezes em eretismo, reagem sobre os fluidos que os afetam, às vezes incapazes de reagir, modificam, por sua disposição e as impressões que conservam, o movimento dos fluidos que se agitam entre elas. Assim, quando as partes flexíveis dos órgãos são susceptíveis de serem animadas pelo orgasmo, e de reagir sobre os fluidos contidos que os afetam, então os diferentes movimentos e mudanças que dele resultam, seja nos fluidos, seja nos órgãos, produzem os fenômenos da organização que são estranhos ao sentimento e à inteligência; mas quando as partes que contêm são duma natureza e duma moleza que as tornam passivas e incapazes de reagir, então o fluido sutil que se move nessas partes, e que recebe modificações nos seus movimentos, dá lugar ao fenômeno do sentimento e aos da inteligência (LAMARCK, 1809 apud SÉGINGER, 2015, p. 47).

A citação abaixo também explica sobre o mecanismo anteriormente descrito, fornecendo detalhamentos da forma como ele pensava sobre a hereditariedade:

O movimento dos fluidos no interior do indivíduo iria, portanto, abrindo cavidades, tubos, canais, criando órgãos, que sofreriam mudanças nos diferentes animais, dando origem às diversas faculdades. Os animais mais simples gozariam apenas da irritabilidade. A natureza produziria gradativamente animais mais complexos, com sistema muscular, sistema nervoso, sentimento, inteligência. O tipo de reprodução estaria também

ligado ao grau de perfeição. Os mais simples se reproduziriam por cissiparidade, os seguintes na escala animal formariam gêmulas, depois teriam surgido os ovíparos, vivíparos e finalmente os ovovivíparos. A reprodução, para Lamarck, serviria para conservar as espécies ou raças obtidas (MARTINS, 2008, p.12).

Observa-se a forte influência que Lamarck recebeu dos pensamentos e ideias de seus antecessores Buffon e Maupertuis. Outra questão é que as ideias de herança de Lamarck estavam baseadas em formas de transmissão por fluídos, recebendo a influência das ideias de Aristóteles, e não das ideias de Hipócrates, por exemplo, que era atomista.

6 DA HERANÇA FLUÍDA ATÉ MENDEL

No primeiro capítulo deste trabalho, foram apresentadas algumas ideias sobre hereditariedade de alguns filósofos como Anaxágoras e Hipócrates, que na antiguidade, embora adotassem a pangênese, eles a tratavam e a entendiam de formas diferentes. Certo tempo depois durante o século XV Maupertuis aderiu a pangênese, propondo algumas modificações em relação à adotada anteriormente por Hipócrates. Então no século XIX, a pangênese que não era nenhuma teoria nova sobre herança, também foi assumida por Charles Darwin (1809-1882). Darwin passou a aplicar um modelo de herança fluida, por meio das gêmulas.

Este tipo de herança fluida ou “hereditariedade por amálgama” (KELLER, 2002, p. 26), afirma que as características apresentadas pelos descendentes são formadas a partir da mistura com diluição das características dos pais.

Já os mecanismos que tratavam de um tipo de mecanismo de herança particulada (não havia mistura ou diluição das características nos descendentes) começaram a surgir mais ao final do século XIX, com Friedrich Leopold August Weismann (1834-1914), por exemplo. Na obra *‘The variation of Animals and Plants under Domestication’* (1868), Darwin dedica o capítulo XXVII, o último capítulo do segundo volume, para explicar a sua teoria da hereditariedade que ele chamou de a hipótese provisória da pangênese.

De acordo com Caldas e Saalfeld (2016), a teoria da pangênese de Darwin pode ser explicada da seguinte maneira:

A teoria da pangênese é explicada por meio da descendência de gêmulas. Ele acreditava que as gêmulas eram “diminutos grãos ou átomos”, que circulavam livremente em todo o sistema, eram semelhantes a tipos celulares, quando alimentados adequadamente se multiplicavam por auto-divisão, então se tornavam desenvolvidos em formato de células, como aquelas aonde foram obtidas (nesta época desenvolveu-se a teoria celular de Schwann e Schleiden). Eram transmitidas de pais para filhos, em alguns casos as gêmulas eram transmitidas em estado dormente, por isso, posteriormente, a reversão ou atavismo. (CALDAS; SAALFELD, 2016, p. 4).

Complementando a definição anterior, Castañeda (1992) afirma ainda que a hipótese da pangênese de Darwin apresenta duas ideias centrais:

[...] a primeira ideia é de que todas as partes do organismo produzem “gêmulas”. A segunda ideia central é que essas gêmulas se multiplicam e são transmitidas da célula mãe para as células filhas durante a divisão celular e, além disso, espalham-se pelo organismo todo. Elas são transportadas pelos gametas e transmitem informações sobre os progenitores aos descendentes (CASTAÑEDA, 1992, p. 228).

Mayr (1998) cita que a teoria da pangênese de Darwin é a segunda teoria da hereditariedade mais importante da época, que também de Vries (1889) chama a atenção para esta teoria realizando a seguinte observação:

[...] a hipótese de que as qualidades hereditárias de um organismo são representadas nas células germinais por um grande número de pequenas partículas invisíveis, individualmente diferentes, assim chamadas gêmulas. Estas se multiplicam por divisão e são transmitidas da célula-mãe para as células-filhas, durante a divisão celular. (MAYR, 1998, p. 746).

Ainda sobre a hipótese provisória da pangênese de Darwin:

O aspecto mais importante dessa hipótese é que ele postula a existência de um número enorme de tipos *diferentes* de gêmulas – uma população de gêmulas, por assim dizer [...]. (MAYR, 1998, p.746).

Para Castañeda (2002 apud POLIZELLO, 2008) a hipótese da pangênese de Darwin além de procurar propor uma explicação para a variabilidade dos seres vivos, ela também buscava apresentar um mecanismo para esclarecer às questões relacionadas à herança dos caracteres adquiridos.

Prosper Lucas (1808-1885) foi um médico psiquiatra francês que realizou alguns estudos sobre hereditariedade. Também foi um dos

precursores da eugenia e da degenerescência. Lucas parece ter influenciado muito Darwin em suas teorias, pois ele foi citado duas vezes em sua obra *‘Origem das Espécies’* e onze vezes na obra *‘A variação de plantas e animais sob domesticação’*. Também tratou a hereditariedade como um fenômeno próprio e não como parte do desenvolvimento.

Herbert Spencer (1820-1903), filósofo inglês, de acordo com Mayr (1998) foi o primeiro quem descreveu sobre a teoria geral da hereditariedade e do desenvolvimento. Assim, em 1864 Spencer propõem na obra *‘Principle of Biology’* sua teoria da hereditariedade com as “unidades fisiológicas”. Castañeda (1992) cita que as unidades fisiológicas de Spencer estavam inicialmente relacionadas às ideias sobre a regeneração de tecidos. Somente um tempo depois é que ele resolveu associá-las às ideias de herança.

Castañeda (1992) também procura diferenciar as gêmulas de Darwin e as unidades fisiológicas de Spencer. Ela faz as seguintes observações: Primeiramente que ao comparar as gêmulas eram bem menores do que as unidades fisiológicas; em segundo, que as unidades fisiológicas não apresentavam variedades entre elas, ou seja, eram todas iguais, já as gêmulas, não eram todas iguais, pois se originariam de diferentes partes do corpo, e as primeiras continham toda a informação inteira de um ser vivo; por terceiro, que em relação ao movimento que estas partículas realizavam, estas unidades fisiológicas só eram repassadas de uma células para a outra quando ocorria a divisão celular, e as gêmulas circulavam por todo o ser vivo por meio dos fluidos.

Para complementar, Mayr (1998) também afirma que esta teoria presumia as existências de unidades fisiológicas vivas, presentes em todas as células do corpo, intermediárias entre as moléculas químicas e as unidades morfológicas. As “unidades fisiológicas” de Spencer eram diferentes das gêmulas propostas pela teoria da pangênese com Darwin, que elas eram todas iguais em um determinado indivíduo, e como vimos anteriormente, Darwin entendia que as gêmulas não eram todas iguais.

Francis Galton (1822-1911) foi um antropólogo, meteorologista, matemático, estatístico e eugenista inglês. Galton era primo de Darwin. Polizello (2008) explica que Galton acreditava que a teoria da pangênese deveria ser testada, ele queria saber como as gêmulas circulavam no corpo e também como elas eram transmitidas de geração em geração. Darwin apenas afirmaria que as gêmulas circulariam no corpo, mas em nenhum momento, especificou aonde elas circulariam.

Galton resolveu então realizar alguns experimentos com coelhos da raça *silvergrey*. Após uma série de experimentos, ele conclui que:

Oitenta e oito coelhos em treze ninhadas, e em nenhum único caso houve evidência de alteração da raça [...]. A conclusão dessa larga série de experimentos não deve ser evitada, a doutrina da pangênese, pura e simples, como eu a interpretei, é incorreta (GALTON, 1871a, p. 404 apud POLIZELLO, 2008, p. 48).

Seus experimentos foram muito metódicos, Galton utilizou fórmulas matemáticas e cálculos estatísticos para chegar às conclusões finais. Assim, anos mais tarde, após Galton ter realizado estes testes com coelhos ele propõem em 1875 a sua teoria de herança, as *Estirpes* de Galton. Para Polizello (2008) o termo Estirpe tratava de explicar “o conjunto das partículas hereditárias ou gêmulas contidas no zigoto logo após a fertilização do óvulo”. Nas palavras de Galton:

Expressar o total de germes, gêmulas ou o que quer que possa ser denominado, que podem ser encontrados, de acordo com toda teoria de unidades orgânicas, no novo óvulo fertilizado – quer dizer, no estágio pré-embriônico [...]. Esta palavra, “estirpe”, que eu devo me aventurar a usar, é igualmente aplicável ao conteúdo de embriões [...] (GALTON, 1876, p. 330 apud POLIZELLO, 2008, p.50).

Para Castañeda (1992) o pensamento de Galton e Darwin era fundamentalmente idêntico, quando afirma que “também considerava que partículas providas do corpo todo iriam se agrupar por afinidades e formar um novo ser” (CASTAÑEDA, 1992, p. 279). Porém, sabe-se conforme citado neste trabalho que Darwin adotava um modelo de herança fluida, enquanto que Galton um modelo de herança particulada.

Ernst Heinrich Philipp August Haeckel (1834-1919) foi um naturalista, filósofo, médico, professor e artista alemão. Em 1866 ele sugeriu que o núcleo da célula poderia armazenar informações de herança. Em 1876, ele publica um trabalho com o título de ‘*Die Perigenesis der Plastidule*’ e apresentava o objetivo de explicar o fenômeno da Hereditariedade. Ele sugere que condições externas podem influenciar os movimentos ondulatórios dos plastídulos, e que estes são moléculas ou partículas que compõem o protoplasma, ou seja, que se localizam no núcleo da célula (CALDAS; SAALFED, 2016).

Mayr (1998) cita que os plastídulos de Haeckel eram tipos de partículas hereditárias que apresentavam semelhanças entre si. Como vimos, Darwin considerava as partículas de herança (gêmulas) todas individualmente diferentes, enquanto que Spencer considerava as “unidades fisiológicas” de um organismo como sendo todas iguais.

Friedrich Leopold August Weismann (1834-1914) foi um biólogo alemão. Mayr (1998) cita que Weismann realizou uma série de publicações a respeito de suas ideias de herança. O seu primeiro trabalho foi publicado em 1876, posteriormente em 1880 e 1892, este último com o título de ‘*Das Keimplasma. Eine Theorie der Vererbung ou Germ plasm: a theory of hereditary*’, contendo 628 páginas. Porém, desde o primeiro trabalho, até todas as atualizações que ocorreram entre essas datas, poucas atualizações condizentes com o conhecimento moderno e atual da época foram realizadas.

Martins (2003) afirma que Weismann tem duas contribuições relevantes sobre as ideias de herança. A primeira é a realização de uma crítica bem sucedida das ideias de herança sobre os caracteres adquiridos. A segunda que Weismann distingue o “germeplasma” ou o “plasma germinativo” (considerado o material responsável pela hereditariedade em células germinativas) e o “somatoplasma” ou “plasma somático” (todas as outras células restantes no corpo).

O ‘plasma germinativo’ ou o ‘germeplasma’ era composto de unidades hereditárias. Estas unidades hereditárias eram divididas em três partes: a) bióforos: a menor unidade hereditária que apresentavam a capacidade de crescimento e replicação (são implementações fisiológicas); b) os determinantes: são composições específicas dos bióforos e superiores a eles. Também são consideradas unidades genotípicas, e assim sendo, cada célula pode contar muitas cópias de um mesmo tipo de determinantes; c) ids: é quando os determinantes passam a se juntar em categorias ainda superiores, “numa arquitetura adquirida filogeneticamente” (mesma coisa que os cromossomos) (MAYR, 1998, p. 784).

A teoria de herança de Weismann merece uma atenção especial, pois,

[...] ele escolheu a separação das células germinais das células do corpo, enquanto hoje é de conhecimento que a separação crucial é a que ocorre entre o programa do DNA do núcleo e as proteínas do citoplasma de cada célula. (MAYR, 1998, p. 786).

William Keith Brooks (1848-1908) foi um zoólogo americano, que em 1883 publicou uma obra chamada de *'The Law of Heredity: A Study of the Cause of Variation and the Origin Of Living Organisms'*. Brooks foi resenhado por Fritz Müller (1822-1897), que realizou uma crítica sobre o seu trabalho. Nesta crítica, Müller afirma que embora sua teoria fosse bem pensada, ela provavelmente não teria mais sucesso que as outras teorias (CALDAS; SAALFELD, 2016, p. 12).

Karl Nägeli Karl Wilhelm von Nägeli (1817-1891) foi biólogo e botânico. Nägeli também elaborou uma teoria sobre a hereditariedade. Ele publicou em 1884 a sua obra com o título de *'Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre'*. Ele descreveu que o protoplasma de um organismo apresenta dois tipos de componentes, o protoplasma ordinário ou nutritivo e o “idioplasma”, que é uma parte do protoplasma responsável pela herança de um organismo (MAYR, 1998).

Assim, de acordo com Mayr (1998) esse componente denominado de idioplasma era formado por longos filamentos que se movimentavam de célula para célula, sendo que cada um desses filamentos eram formados por grupos de moléculas, com propriedades específicas e que um feixe desses ligamentos poderia manter o controle sobre as propriedades da célula, dos tecidos, sistemas e também dos órgãos.

Nägeli também foi o responsável por descrever que as células não se formavam a partir de outras células, como descrevia a teoria celular de Schwann e Schleiden. Ele afirmava que elas se dividiam, e que a partir de uma única célula, formavam duas novas células, e assim, sucessivamente (processo conhecido atualmente como mitose).

Brooks divide esta obra sobre hereditariedade em 12 capítulos. No capítulo IV ele apresenta a sua própria teoria sobre hereditariedade. Algumas das principais ideias sobre herança citadas por Caldas & Saalfeld (2016) foram as seguintes:

- a) A união de dois elementos sexuais fornece variabilidade;
- b) Conjugação é a forma original da reprodução sexuada; aqui são iguais as funções dos dois elementos e a junção das partículas originadas pelos corpos dos dois pais assegura simplesmente a variabilidade dos descendentes;
- c) Em todos os organismos pluricelulares, o ovo e a célula masculina são aos poucos em diferentes direções especializadas;
- d) O ovo é uma célula a qual aos poucos adquiriu uma construção complexa e que contém partículas materiais de qualquer espécie, que representam cada uma das características hereditárias da espécie;

- e) Quando esta célula se desenvolve no corpo do filhote ela será uma mestiça (“híbrido”) e por isso terá tendência a modificar-se;
- f) Já que os ovos do ovário dos filhotes dividem entre si todas as propriedades por herança direta do ovo fecundado, os seres vivos, que deles vão surgir devem ter a tendência de modificar-se do mesmo modo;
- g) Uma célula, assim modificada, vai continuar a secretar gêmulas transmitindo desta maneira a modificabilidade da correspondente parte do corpo para as gerações seguintes até que uma modificação vantajosa é assegurada por seleção natural;
- h) Já que o ovo, do qual se originou o ser vivo selecionado, irá transmitir a mesma modificação por herança direta nos seus ovos do ovário, a característica específica torna-se uma particularidade herdável da raça e será reproduzido e transmitido pelos indivíduos selecionados e seus descendentes sem gêmulas.

Além disso, as ideias de Brooks tratavam de um tipo de herança particulada. A diferença dessa teoria para as que prevaleciam na época, é que Brooks acreditava que o material seminal do macho e da fêmea apresentavam funções distintas, enquanto que outras acreditavam que tanto a fêmea como o macho apresentavam as mesmas funções, quanto aos aspectos de herança.

Brooks também chamava as unidades hereditárias de gêmulas, e acreditava que elas eram secretadas por unidades funcionais, chamadas de células, e que eram da fêmea e do macho. Ainda, afirmava que a célula reprodutiva masculina apresentava o poder de atrair para si, estas partículas (gêmulas) modificadas.

Hugo de Vries (1848-1935) propõem em 1889 suas ideias de herança com o título de ‘*Intracellulare Pangenesis*’. Ele afirmava que as unidades de herança deveriam ser menores que as células, além disso, que poderiam ser mais complexas quanto às suas propriedades e relações comparativamente às moléculas químicas de que eram constituintes. (ROBINSON, 1979, p.167 apud POLIZELLO, 2008, p. 43).

Essas unidades de herança de de Vries eram conhecidas por pangenes. Elas eram unidades com capacidades independentes de ativação. Mayr (1998) explica que elas não eram unidades independentes, quando comparados aos pensamentos de Weismann com os seus bióforos e os determinantes.

Mayr (1998) cita que De Vries foi um dos redescobridores do trabalho de Mendel e afirma que sua teoria de herança pode ser resumida da seguinte maneira:

- a) A herança é devida aos portadores de materiais de qualidades hereditárias, chamados pangenes;
- b) Todo caráter hereditário tem o seu tipo especial de pangene;
- c) Quanto mais altamente é diferenciado um organismo, tanto mais tipos de pangenes ele tem;
- d) Todo pangene pode variar independentemente de qualquer outro;
- e) Todos os núcleos contêm os mesmos pangenes, mas somente um número muito limitado desses pangenes é transmitido ao citoplasma de uma determinada célula, permanecendo todos os demais inativos no núcleo dessa célula;
- f) Um núcleo determinado pode conter muitas réplicas idênticas de um dado pangene;
- g) Para se tornar ativo, um pangene deve se transferir do núcleo para o citoplasma;
- h) Não há movimentação de pangenes do citoplasma para o núcleo;
- i) Não há movimento de pangenes de uma célula para outra;
- j) Os pangenes sempre se dividem de uma célula para outra;
- k) Os pangenes sempre se dividem durante a divisão da célula, mas também podem dividir-se entre uma divisão celular e outra, de sorte que um pangene determinado pode ser representado no citoplasma (bem como no núcleo) por muitas réplicas idênticas;
- l) O inteiro protoplasma de um organismo consiste em pangenes;
- m) Ocasionalmente, um pangene pode mudar, e isso “constitui um ponto de partida para a origem das variedades e das espécies” (1889:71) (Base de sua posterior teoria da Mutação) (p.790-791)

Todas as teorias descritas neste capítulo foram as principais que antecederam o Mendelismo. Tratou-se aqui das teorias de herança do tipo fluida e particulada. Para Mayr (1998), durante o período de 1860 a 1890 temos um período marcado por especulações desenfreadas, como segue:

Chega-se fatalmente a esta conclusão ao considerarmos os escritos de Spencer, Haeckel e Darwin, e mesmo os de Galton, Nägeli, de Vries e Weismann. Esse período seguia prejudicado por

conceitos errôneos e pela ausência de uma discriminação adequada dos diversos componentes de problemas complexos. Isso inclui a falta de uma nítida separação da transmissão dos caracteres, entre as gerações, da fisiologia dos genes (diferenciação); inclui a ausência de uma distinção (exceto no caso de De Vries) entre os caracteres unitários e a essência das espécies; inclui também a falha numa correta distinção entre genótipo e fenótipo. E, no entanto, esse período foi um estágio indispensável no desenvolvimento da genética. Foi nesse período que começaram a ser formuladas as perguntas corretas, que se desenvolveu um interesse pela natureza corpuscular e química do material genético transmitido, e que se lançaram as bases citológicas, sem as quais nenhuma teoria causai da hereditariedade podia ser elaborada. Ao final do período, quase todas as alternativas possíveis haviam sido propostas, e o terreno estava preparados para os novos conhecimentos e as novas descobertas que permitiriam escolhas inequívocas entre as teorias concorrentes. Tal evento decisivo foi a redescoberta, em 1900, da obra de Mendel. Ela descortinou de golpe toda uma nova área da ciência biológica (MAYR, 1998, p.791-792).

Antes de tratar de Mendel, é necessário conhecer Imre Festetics (1764-1847), de origem húngara. Ele realizou alguns trabalhos estudando o cruzamento de ovinos. Ensina-se nas escolas e nas Universidades que o nascimento da genética se deu com Mendel, no entanto, Festetics também morador de Brno/Brünn, realizou alguns estudos importantes sobre hereditariedade no qual ele relata em sua obra '*Leis genéticas da Natureza*' (1819), ele utilizou o termo '*Genética*' de forma generativa.

Em sua obra '*Leis genéticas da Natureza*' Festetics (POCZAI, et al., 2014) realiza as seguintes observações sobre as suas ideias de herança:

- a) Animais saudáveis e robustos são capazes de propagar e transmitir suas características específicas;
- b) Traços de avós que são diferentes daqueles da primeira progênie pode reaparecer em gerações futuras;
- c) Animais possuindo características desejáveis que foram herdadas após muitas gerações podem às vezes ter descendentes com traços divergentes. Tal progênie é variável

ou são aberrações da natureza, e não são adequados para propagação se o objetivo é a hereditariedade de traços específicos;

- (d) Uma condição prévia para o êxito da aplicação de endogamia (inbreeding) é a escrupulosa seleção de animais domésticos (p.3).

Nestas 'Leis Genéticas' reconhece-se que Festetics foi o primeiro a observar empiricamente a segregação de caracteres de híbridos na segunda geração híbrida. Ele relacionou herança com a saúde e vigor, e não considerava os fatores externos. Além disto, entende-se que o papel da endogamia, combinado com forte seleção na estabilização de características herdadas podem preservar ou desenvolver novas raças. Ainda, que a lei de segregação de Mendel é essencialmente a prova matemática da regra de Festetics (POCZAI, et al., 2014).

Festetics observou as consequências da seleção e seu papel na hereditariedade. Acreditava que essa variabilidade e suas leis postuladas estavam conectadas, e agiam em conjunto na reprodução, como também nos processos naturais que controlam populações de diferentes animais, juntamente com os seres humanos (POCZAI, et al., 2014).

Não existem evidências de que Mendel tenha lido os trabalhos de Festetics apesar deles, estarem disponíveis na mesma Biblioteca em que Mendel utilizava para estudos e pesquisas. Dessa maneira, Poczai, et al., se questiona: Isso é coincidência? Ou Mendel precisou utilizar-se de uma experiência planejada para que pudesse provar algumas observações empíricas anteriores? Isto porque, embora eles estivessem separados por uma geração, algumas das respostas e das perguntas que Mendel fazia estavam na biblioteca que ele utilizou por diversas vezes.

Gregor Johann Mendel (1822-1884) foi um monge agostiniano, botânico e meteorologista austríaco (graduado em biologia e física). Antes de Mendel iniciar os seus estudos com plantas, ele criava camundongos a fim de observar os resultados decorrentes dos cruzamentos para às mudanças quanto aos aspectos da pelagem. Mas, como Mendel era um monge, foi desaconselhado por seu superior a realizar esta prática, pois eles entendiam que não seria interessante uma pessoa neste cargo estar observando o sexo entre animais. Então na decorrência deste acontecido, dizem que Mendel sorriu levemente, e disse que trabalharia com plantas, já que seu superior não conhecia nada sobre elas, que existiam machos e fêmeas, e também que ocorreria o sexo ou o cruzamento entre elas (NEVES, 2016).

Segundo Bishop (1996) Mendel leu a Origem das Espécies de Darwin em 1860. Ele se opôs a teoria de Darwin, que discutia a

descendência com modificações por meio da seleção natural. Mendel adotava uma postura ortodoxa para uma criação especial, ou seja, ele preparou os seus experimentos para demonstrar que as características eram fixas e que não se alteravam ao longo das gerações (Bischof 1996).

Bischof (1996) afirma que os trabalhos de Mendel eram conhecidos em toda a Europa, inclusive na Inglaterra, nesta época. Assim, seu trabalho se tornou conhecido bem pouco tempo depois de ter sido publicado.

Segundo Mayr (1998) para Mendel existiam alguns critérios importantes que serviriam como um pré-requisito para a escolha das plantas que deveriam ser estudadas experimentalmente. Os pré-requisitos deveriam ser:

- a) Possuir traços que diferem de maneira estável;
- b) Os híbridos devem ser protegidos de toda a influência de pólenes externos, durante o período da floração, ou prestarem-se a si mesmos a essa proteção;
- c) Não pode haver redução marcante da fertilidade dos híbridos e dos seus rebentos, em gerações sucessivas.

Outra questão que Mayr (1998) destaca é relacionada à dificuldade de Mendel, na época, durante a necessidade de identificação entre os híbridos das espécies e os das variedades. Mais tarde Kölreuter foi quem percebeu de forma intuitiva e superior a Mendel, essas diferenças.

A formação de Mendel em áreas distintas lhe conferia vantagens, pois “o tornou capaz de ser altamente meticuloso em suas anotações e ter ensaiado pequena análise estatística nos resultados dos cruzamentos elaborados” (NEVES, 2016, p.88).

Mendel estudou 34 variedades de ervilhas, de diversos fornecedores e as submeteu a diversos experimentos por dois anos. Dentre essas 34 variedades, 22 permaneceram constantes, quando autofertilizadas e também ele selecionou sete pares de traços hereditários contrastantes, para finalizar os seus experimentos.

De acordo com Mayr (1998) os seguintes traços hereditários foram escolhidos:

- a) Sementes maduras, lisas e redondas ou angulosas e profundamente vincadas;
- b) Sementes maduras (cotilédones), amarelas ou verdes;
- c) A casca da semente, branca ou cinzenta;
- d) A vagem madura, lisa e com grãos completamente soltos ou mais ou menos enrugados e com grãos apertados;
- e) A vagem verde, de cor verde ou amarelo vivo;

f) As flores, crescendo ao longo da haste principal ou só na parte terminal da mesma;

g) A haste, longa (6-7 pés) ou curta ($3/4 - 1,5$ pés) (p.796-797).

Além disso, utilizou-se da teoria das combinações (*Combinationslehre*) de Andréas von Ettingshausen (1796-1878) matemático e físico austríaco, que foi uma pessoa muito próxima de Mendel e o ajudou a combinar as características quando eram necessárias (NEVES, 2016).

Os termos ‘dominantes’ e ‘recessivos’ provêm da tradução do alemão *dominierend* e *recessiv*, embora os termos ‘latente’ e ‘predominante’ tenham sido anteriormente usados por outros autores (Martins, 2002; Apud Neves, 2016).

Dessa maneira, quando os híbridos F1 foram autofertilizados, deram origem a uma geração F2, a característica da recessividade retornava. E quanto ao formato das sementes, das 7.324 grãos colhidos de 253 plantas híbridas autofertilizadas, 5474 eram redondos e 1850 angulosos, dando uma proporção de 2,96/1. E quanto à coloração das sementes, 8.023 grãos colhidos de 258 plantas híbridas deram 6,022 grãos amarelos e 2,001 grãos verdes, e Mayr (1998) após apresentar estes resultados cita Mendel na íntegra:

Ao longo dessa geração de traços dominantes, os recessivos reaparecem na sua plena expressão, ocorrendo isso decisivamente na proporção média evidente de 3/1, de sorte que em cada quatro plantas dessa geração, três ostentam o caráter recessivo (MENDEL, 1866, p. 10; MAYR, 1998, p.797).

Mendel continuou realizando os experimentos de cruzamentos de autofertilização de seus híbridos, mesmo após os resultados anteriores já terem descritos a mesma obtenção dos resultados e proporções. Para ele, este fato confirmaria a evidência de sua lei, conhecida hoje como a primeira lei de Mendel, a *Lei da segregação dos fatores* (NEVES, 2016).

Com isso, os resultados encontrados para a análise de uma característica já estavam bem estabelecidos. Entretanto, na análise de duas características juntas, qual deveria ser o resultado? O resultado das proporções de apenas uma característica seria mantido quando duas características fossem estudadas ao mesmo tempo? Então Mendel decidiu analisar duas características: a forma das sementes (redondas) e a cor do tegumento (amarelo).

Ao cruzar esses híbridos entre si, a segunda geração apresentava uma quantidade maior de descendentes; entretanto, era o que se esperava, porque ao escrever o cruzamento já previu que os descendentes seriam em maior número, pois, das duas características analisadas juntas, resultava a seguinte combinação juntas resultava a seguinte combinação, conforme expresso em Experimento of Plant Hybridization (1865): $(A + 2Aa + a)(B + 2Bb + b)$, resultado em $AB + Ab + aB + ab + 2ABb + 2aBb + 2AaB + 2Aab + 4AaBb$. Mendel estudou também as demais combinações entre as características elegidas para o seu estudo e obteve sempre o mesmo resultado (NEVES, 2016, p.93).

Portanto, como os resultados apresentavam uma mesma repetição, a segunda lei de Mendel também passou a ser elaborada a partir destes resultados encontrados. Ela ficou conhecida como a *Lei da Independência dos Fatores*. Esta lei pode ser descrita da seguinte maneira:

[...] a descendência dos híbridos em que se combinam vários caracteres essencialmente diferentes representa os termos de uma série combinatória, na qual se acham unidas as séries de desenvolvimento de cada par de caracteres diferenciais. Fica demonstrado, ao mesmo tempo, que o comportamento de cada par de caracteres diferenciais em união híbrida é independente das outras diferenças existentes nas duas plantas progenitoras. (FREIRE MAIA, 1995, p. 25 apud NEVES, 2016, p. 94).

Os resultados para a aplicação desta segunda lei demonstraram que cada característica se separa de forma independente uma da outra, e que as proporções encontradas foram sempre às mesmas também.

7 A CÉLULA E O NASCIMENTO DA GENÉTICA

7.1 A CÉLULA

Uma das importantes contribuições acerca do estudo sobre hereditariedade foi à identificação das paredes celulares no final do período Renascentista. Observam-se primeiramente tecidos vegetais e nota-se que eram de natureza fibrosa. Erasmus Darwin concluiu que o primeiro ser vivo era um filamento. Posteriormente, identificaram estes filamentos vitais como sendo a cromatina. Outros avanços também se deram à medida que melhorias e técnicas foram desenvolvidas. Além disto, muitas das teorias sobre hereditariedade tratadas no século XIX também se desenvolveram simultaneamente aos estudos sobre a célula.

Assim, durante o início da Idade Contemporânea dois importantes cientistas alemães contribuíram para o desenvolvimento da teoria celular: Theodor Schwann (1810-1882) e Matthias Jakob Schleiden (1804-1881). Schwann era um anátomo-fisiologista e trabalhava com tecidos animais. Já Schleiden era professor de botânica (TRATTNER, 1958).

Schleiden contribuiu muito para que Schwann elaborasse a teoria celular. Na obra de Trattner (1958) o autor afirma que “[...] Schleiden sugeriu e Schwann executou” (p. 189). Ele realiza esta afirmação após mencionar uma reunião que houve entre eles, onde Schleiden apresentou seus trabalhos enfatizando aspectos sobre o núcleo celular das células vegetais, fornecendo então informações que fizeram Schwann refletir sobre seu trabalho com células animal, auxiliando assim para o aprimoramento e complemento de sua teoria celular (TRATTNER, 1958). Pois, as células de origem animal necessitavam de técnicas mais aprimoradas, como o uso de melhores corantes, que proporcionava assim, uma melhor visualização.

A teoria celular formulada pela contribuição conjunta de Schleiden e Schwann estabelecia que as células fossem unidades fundamentais de todos os seres vivos (unicelulares ou pluricelulares); também que as células seriam a chave para todas as funções vitais dos seres vivos e que uma célula só poderia ser originada de outra célula já existente (OLIVEIRA, 2015). Esta última ideia de que uma célula se originaria de uma outra já existente, se deve ao fato de que neste caso Schleiden se posicionava a favor de uma explicação mecanicista físico-química dos fenômenos vitais, por isto, defender esta ideia, era também defender o pré-formacionismo (FREZATTI, 2015).

Porém, Mayr (1998) afirma que embora a ideia de defender que uma célula só se originaria de outra fosse muito semelhante às ideias do preformacionismo, esta teoria era completamente desacreditada na época. Mais tarde Schleiden adotou o princípio da epigênese para explicar a formação das células e em 1838 propõe uma teoria chamada de “formação livre das células”.

Trattner (1958) nos fornece a informação de que tanto Schwann e Schleiden se questionavam: “Como se forma uma célula?” “Qual é a sua verdadeira origem?” (p. 192-193). O autor afirma que ambos enfrentaram corajosamente este problema, e que a proposta realizada por eles para explicar a origem e formação das células estaria completamente equivocada. Eles afirmavam que “as células nascem mais comumente por um processo de “livre formação celular” – isto é, que elas se formam espontaneamente, pelo desabrochar de um núcleo na face interna de sua superfície” (p. 193). Esta ideia de “livre formação celular” era chamada por outros autores também de “gemulação” (provável origem da palavra ‘gêmula’ adotada por Darwin para explicar a sua teoria da hereditariedade).

Como citado anteriormente, foi Karl Nägeli (1817-1891) botânico suíço quem realmente conseguiu fornecer uma explicação adequada para a origem e formação das células. Além disto, simultaneamente nesta mesma época, outros dois autores conforme menciona Trattner (1958) também chegaram à mesma conclusão que Nägelli. Alguns eram zoologistas, e outros botânicos como Kölliker e Hugo von Mohl.

Nägelli trabalhava em Iena sob a direção de Schleiden, e durante seus estudos microscópicos ele procurou averiguar os processos de formação celular, para esclarecer a origem e o desenvolvimento. Trattner (1958) afirma que ele era um bom investigador e profundamente versado nos métodos experimentais, por isto, foi possível que ele chegasse a algumas conclusões, sendo elas:

A questão da origem da célula era talhada para lhe despertar a febre de pesquisa. Ao cabo de vários anos de trabalhos assíduos e incessantes, Nägelli saiu do seu laboratório em 1846 para participar ao mundo que aquela “livre formação celular” era um mito; os núcleos não brotavam das células. Todas as suas pesquisas e observações, declarava êle, provavam que uma célula só se pode originar de outra célula preexistente, por “divisão”, isto é: uma célula dividindo-se em duas metades forma duas células distintas onde antes só existia uma. Com o

ulterior crescimento as duas células dividem-se quatro, as quatro se dividem em oito, as oito em dezesseis, e assim por diante, dobrando de tamanho cada célula resultante e dividindo-se em duas, até que pelo seu número vêm a constituir o corpo do embrião e finalmente do adulto (TRATTNER, 1958, p.193).

Assim, 20 anos após a publicação do livro de Schwann, ficou estabelecido que a “divisão celular” era o único processo responsável pela formação das células. Ou seja, ficaria claro que elas não nasceriam de novo, de forma espontânea, ou de alguma matriz amorfa (TRATTNER, 1958).

7.2 O NASCIMENTO DA GENÉTICA: PRINCIPAIS FATOS

Mesmo que o artigo de Gregor Mendel tenha sido escrito e publicado há 40 anos antes de sua “redescoberta” foi em 1900 que surgiram três artigos do mesmo volume na *‘Proceedings of the German Botanical Society’*. Estes artigos foram escritos por Hugo de Vries (1848 – 1935), Carls Correns (1864-1933) e Erich von Tschermak (1871-1962). Segundo Keller (2002) estes autores não apresentam apenas o crédito de haverem resgatado as ideias de Mendel, mas também por terem aberto o caminho para uma nova ciência que posteriormente receberia o nome de “genética”.

Hugo de Vries (1848-1935) adotou o termo mutação em 1901 para descrever as mudanças na qualidade do material hereditário. Walter Sutton (1877-1916) e Theodor Boveri (1862-1915) em 1903 de forma independente correlacionaram as leis de Mendel com o comportamento dos cromossomos na meiose, e sugeriram que os fatores hereditários deveriam estar nos cromossomos.

Poucos anos mais tarde, o termo “genética” foi cunhado pela primeira vez em 1906 por Willian Bateson (1861-1926), que informou ao Congresso Internacional de Botânica que um novo ramo da fisiologia era criado, e que esta nova área poderia ser chamada de Genética (KELLER, 2002).

Wilhelm Ludvig Johannsen (1857-1927) cunha o termo de gene em 1906. Três anos mais tarde, em 1909 ele cunhou os termos fenótipo e genótipo. Foi a partir de seus estudos com feijão, que ele concluiu que a hereditariedade e ambiente são os dois principais fatores da variação (JUSTINA et al., 2010). Mayr (1998) esclarece que a experiência com

feijão demonstrou que os genótipos das sementes de uma linha pura eram os mesmos, enquanto que as diferenças podem ser verificadas em respostas às condições ambientais. Assim, percebe-se que o fenótipo é resultado de uma interação entre o genótipo e o ambiente. Portanto, conclui-se que o fenótipo não deve ser visto igualmente como o genótipo (JUSTINA et al., 2010).

O conceito de genótipo apresentou diversas concepções para Johannsen desde que foi proposto pela primeira vez em 1909. Em 1909 ele acreditava que o genótipo era “abstrato, efeito e ao nível do organismo (referente às diferenças entre fenótipos que são causadas por herança, portanto a hereditariedade é vista como parte do fenótipo)” (WANSCHER, 1975a apud JUSTINA et al., 2010, p. 66). De 1911 a 1913 que o genótipo era “concreto, causal e ao nível dos genes (a soma de todos os genes)” (WANSCHER, 1975a apud JUSTINA et al., 2010, p. 67). Em 1917 que “abstrato, causal e ao nível do genes (a norma para o desenvolvimento e reação) (WANSCHER, 1975a apud JUSTINA et al., 2010, p. 67). Por último, em 1926 ele entendia que o conceito de genótipo era “abstrato, causal e relacionado ao organismo (a constituição fundamental do organismo, sendo o organismo entendido como produto desta constituição) (WANSCHER, 1975a apud JUSTINA et al., 2010, p.67)

Justina et al. (2010) afirma que a definição de genótipo mais encontrada em muitos livros didáticos e dicionários atualmente é a concepção que ficou definida entre 1911 a 1913.

Muitas contribuições dentro da Genética que foram importantes para os estudos de herança foram desenvolvidas por Thomas Hunt Morgan (1866-1945). Em 1911 ele descobre os primeiros genes com herança ligada ao sexo em *Drosophilas*, e sugere que eles estariam localizados no cromossomo sexual X, iniciando a consolidação da teoria cromossômica de herança.

Importante salientar, que o início das primeiras ideias na Genética foram marcadas por algumas diferenças. A visão anglo-saxônica inglesa apresentava um viés mais reducionista e pragmática. Enquanto que a Europa continental adotava uma visão mais dinâmica sobre a ocorrência dos processos e também sobre o conjunto dos organismos, ou seja, fisiológico e holística.

8 O GENE

Em 1909 Wilhelm Johannsen propõe o termo ‘gene’. Para Johannsen este termo deveria estar livre das influências do preformacionismo, pois não deveria estar relacionado ou ligado às gêmulas de Darwin (suas unidades “pangenesis”), ou também com os determinantes de Weismann, ou ainda com os pangenes de de Vries (KELLER, 2002). Assim, esta intenção de isolar e criar um novo termo chamado de ‘gene’ não se remeteria a nenhuma das ideias ou teorias anteriores a Mendel.

Segundo Keller (2002) Johannsen realiza a seguinte definição inicial para o significado da palavra ‘gene’:

A palavra ‘gene’ está completamente livre de qualquer hipótese: ela expressa somente o fato evidente de que, em qualquer caso, muitas características de um organismo são especificadas nos gametas por meio de condições especiais, fundadoras e determinantes, as quais estão presentes de maneira única, separada e, portanto, independente – em resumo, precisamente o que gostaríamos de chamar de genes. (KELLER, 2002, p. 13).

Este novo termo foi lançado para que novas ideias e concepções pudessem surgir a partir dele. Tanto isso é válido que dois anos mais tarde após Johannsen propor a primeira definição, em 1911 ele acrescenta a seguinte informação ao seu conceito de ‘gene’, conforme Keller (2002) cita:

O ‘gene’ nada mais é que uma palavrinha muito bem aplicável, facilmente combinável com outras, e então pode ser útil como uma expressão para os ‘fatores unitários’, ‘elementos’ ou ‘alelomorfos’ nos gametas, demonstrados pelas pesquisas mendelianas modernas... Quanto à natureza dos ‘genes’, ainda não vale a pena propor qualquer hipótese; mas que a noção de ‘gene’ cobre uma realidade, é evidente no mendelismo’ (KELLER, 2002, p. 14).

Poucos anos mais tarde, em 1933, Thomas Morgan realizou a seguinte afirmação a respeito do conceito de gene: “Não há opinião consensual entre os geneticistas sobre o que são os genes – se eles são reais ou puramente fictícios” (MORGAN, 1933, p. 315 apud KELLER, 2002, p. 14). Um aluno de Morgan, H. J. Müller, afirmou que o gene não era apenas “a unidade fundamental da hereditariedade”, mas sim “a base da vida” (F.H.; Cohen, J.S., 1977, p.104 apud KELLER, 2002, p. 14).

Keller (2002) afirma que durante as primeiras quatro décadas deste século, os avanços na área da genética foram cumulativos e constantes. Em 1941 George Beadle e Edward Tatum publicam um artigo sobre a hipótese de um gene-uma enzima. Dois anos depois em 1943, com Avery, Mcleod e McCarty, descobriu-se o DNA como portador da especificidade biológica em bactérias. Em 1953 George d. Watson e Francis Crick realizam uma importante descoberta, a estrutura física do DNA.

Em 2002, Keller afirmava que de diferentes maneiras os últimos vinte e cinco anos tinham sido os mais cruciais, e também onde as descobertas e pesquisas sobre os genes foram mais divulgados. Isto porque, o surgimento de algumas tecnologias na década de 70 proporcionaram a descoberta do DNA recombinante. E posteriormente, na década de 90, o lançamento do projeto Genoma Humano (PGH) provocou mudanças de pensamento, gerando assim expectativas promissoras.

Keller (2002) apresenta algumas concepções a cerca do conceito de gene. Ela explica que o gene não pode ser definido como um elemento fixo e de caráter não mutável, ou seja, que não pode apresentar uma estabilidade constante, em suas palavras que:

A suposição de que a materialidade (especialmente a materialidade particulada) conferia ao gene sua fixidez, isto é, a permanência que ele requeria como uma unidade estável de transmissão. (KELLER, 2002, p. 60).

Na sequência apresenta a hipótese do gene-uma enzima. De acordo com Griffiths (2002), esta hipótese foi a primeira compreensão sobre o funcionamento dos genes, e foi importante porque uniu os conceitos e técnicas de pesquisa da genética e da bioquímica. Esta hipótese se deu com trabalhos de Beadle e Tatum “com mutantes de *Neurospora* (um fungo), no qual os autores conseguiram ligar mutações específicas a falhas em passos específicos no trajeto metabólico” (KELLER, 2002, p.64). Portanto, isto explica que os genes podem controlar as reações

bioquímicas, porém os cientistas envolvidos neste estudo não apresentavam nenhuma noção de como tal controle poderia ocorrer. Por isso, somente após identificação do material genético com o DNA em 1953 esta hipótese ganhou força.

Em 1959 François Jacob e Jacques Monod propõem uma diferença entre os “genes estruturais” e os “genes reguladores”. A partir de seus estudos sobre a adaptação bacteriana eles conseguiram compreender melhor o funcionamento sobre a biossíntese de proteínas, que é necessário que os cromossomos conttenham mais que um tipo de genes, ou seja, não apenas aqueles que codificam proteínas essenciais a construção do organismo (genes estruturais), mas também outros que realizem a regulação do ritmo pelo qual os genes estruturais são transcritos. E em 1961, após uma análise genética e bioquímica combinada é que foi possível a identificação detalhada desse funcionamento (KELLER, 2002).

Um gene regulador pode ser definido da seguinte maneira: como um

[...] determinante hereditário que, em seu estado ativo, controla o ritmo de transcrição de certos genes estruturais específicos, sem contribuir ele próprio com qualquer informação estrutural para as proteínas. (JACOB; MONOD, 1961, p. 197-198 apud KELLER, 2002, p.68).

No final dos anos 70 outra descoberta importante também foi realizada. Richard Roberts e Phillip Sharp descobriram os genes partidos (interrompidos). Eles podem ser definidos como:

[...] genes que codificam as proteínas de organismos superiores mostraram-se não contínuos, mas fragmentados – compostos de segmentos codificadores (ou expressos) de DNA (éxons) entremeados com longas sequências não-codificadoras (introns) que se presumia, ao menos inicialmente, não ter função alguma (KELLER, 2002, p.72).

Quando tratamos mais amplamente sobre a funcionalidade dos genes, Keller (2002) explica que:

[...] a função do gene também precisa ser entendida em termos dinâmicos. Porque a atividade biológica é inerente à atividade de proteínas, e não à de genes, a quebra da hipótese um gene-uma proteína enfraquece criticamente a possibilidade de se atribuir função à unidade estrutural. Mesmo reconcebido como unidade funcional (por exemplo, a sequência emendada e editada do mRNA), o gene não pode mais estar acima e afastado dos processos que especificam a organização celular e intercelular. Esse gene é, ele próprio, parte e parcela de processos definidos e criados pela ação de um sistema complexo, dinâmico e auto-regulatório no qual, e para o qual, o DNA herdado fornece a matéria prima crucial e absolutamente indispensável, mas não mais que isso (KELLER, 2002, p.83-84).

Para El-Hani (2002) foi a partir de uma série de achados experimentais é que o conceito de gene foi se tornando uma definição cada vez mais problemática. Outra questão problemática que El-Hani apresenta poucos anos mais tarde, em 2010, é a descoberta do *splicing* alternativo.

Como vimos, desde 1978, considera-se que os genes interrompidos contêm regiões codificantes (éxons) e não codificantes (íntrons), sendo estas últimas retiradas durante o processamento de RNA. O DNA é transcrito em uma molécula de RNA precursora longa, a qual precisa ser processada, o que envolve, entre outros processos, a retirada dos íntrons. A partir do RNA precursor, é gerado o RNA mensageiro maduro, o qual é traduzido em proteína. A retirada dos íntrons durante o processamento pode ocorrer de formas alternativas, o que implica que pode ser gerada mais de uma proteína por gene. Esse fenômeno é denominado *splicing* alternativo. A variabilidade em padrões de *splicing* aumenta o número de proteínas expressas por uma região codificante de DNA eucarioto (EL-HANI; JOAQUIM, 2010, p.103).

Pitombo et al. (2007) afirma que o modo típico de compreensão sobre os genes e sua função, tanto na genética quanto na Biologia Celular e Molecular, desde a segunda metade do século 20 é conhecido pela literatura filosófica como “conceito molecular clássico do gene”. Assim os autores explicam que:

Nesses termos, um gene é um segmento de DNA que codifica um produto funcional, que pode ser tanto um polipeptídeo quanto uma molécula de RNA. Este conceito exerceu forte influência sobre o pensamento biológico, reforçando uma compreensão que remonta a uma época anterior à proposição do próprio termo “gene”, mas marcou a história da genética desde seus primórdios, a saber, a do gene como uma unidade ininterrupta no material genético, com um começo e um fim claramente definidos, que executaria uma única função (PITOMBO et al., 2007, p. 83).

É da opinião dos filósofos da Biologia, e mais recentemente também dos próprios biólogos, de que o conceito de gene enfrenta grandes obstáculos ao seu entendimento (FALK, 1986; FOGLE, 1990, 2000; GRIFFITHS; NEUMANN-HELD, 1999; MOSS, 2001, 2003; NEUMANN-HELD, 2001; KELLER, 2002, 2005; LEITE, 2006; NEUMANN-HELD; RHEMANNSUTTER, 2006; EL-HANI, 2007; WAIZBORT; SOLHA, 2007; EL-HANI; QUEIROZ; EMMECHE, 2009, apud EL-HANI, 2010).

Pitombo et al. (2007) também reforça a ideia de que as descobertas mencionadas anteriormente, também corroboram que o conceito molecular clássico é insatisfatório para explicar a complexidade da estrutura e dinâmica dos genomas.

Além disso, estas são apenas algumas das dificuldades encontradas para o conceito de gene que são mencionados neste trabalho, porém são suficientes para compreender a problemática que envolve o conceito de gene, desde o momento que foi proposto por Johannsen até os dias atuais.

Segundo El-Hani (2007 apud PITOMBO et al., 2007) o conceito de gene não precisa ser único, que abarque toda essa diversidade de conceitos, mas ao contrário que defina claramente de maneira criteriosa sua diversidade de definições, mas de maneira cuidadosa e que seja bem delimitada pela comunidade científica. Entretanto alguns autores como Keller (2002), Gelbart (1998 apud JOAQUIM; EL-HANI. 2010) e Portin

(1993 apud JOAQUIM; EL-HANI, 2010) acreditam que uma nova terminologia deve ser utilizada, excluindo o termo ‘gene’ do vocabulário biológico. Keller (2002) afirma que “Talvez seja a hora de inventarmos algumas palavras novas” (p. 85).

Pitombo (2007) cita que houve algumas tentativas propostas por alguns autores para buscar resolver esta problemática do conceito de gene, como foi o caso do “gene evolutivo”, proposto por Dawkins (1982) que o qualificou como “qualquer trecho de DNA, começando e terminando em pontos arbitrariamente escolhidos no cromossomo”, que compete “... com trechos alelomórficos pela região cromossômica em questão” (DAWKINS, 1982, p. 87 apud PITOMBO et al., 2007). Esta teoria obteve uma aceitação influente, porém, cheia de críticas (GRIFFITHS; NEUMANN-HELD, 1999; STERELNY; GRIFFITHS, 1999 apud PITOMBO et al., 2007).

Estes conceitos descritos anteriormente são duas formas de entendimento a respeito do conceito molecular de genes, outras duas formas também podem ser descritas como o conceito molecular clássico, tendo o gene como unidade de estrutura e/ou função e a concepção informacional e o gene como carreador de informação ou como unidade de informação. Além disto, não se deve omitir outro conceito mais comum sobre o gene: aquele que está associado ao mendelismo (unidades de informação/herança).

O trabalho de Pitombo et al. (2007) realiza um estudo sobre as leituras que são recomendadas aos cursos de Biologia celular e molecular, que envolvem os conceitos de gene. Após a análise de três dos cinco livros mais utilizados, verificaram-se algumas informações relevantes. Os autores chegaram a conclusão de que “proliferação” de significados pode conduzir a tornar o conceito de gene como muito vago e confuso, como também conduzir a concepções erradas. Outros autores citados por Pitombo et al. (2007) também afirmam que essa variação em seu significado pode levar a sérias dificuldades, levando muitas vezes o leitor à concepções e compreensões equivocadas (FALK, 1986, p. 173; FOGLE, 1990, p. 350 apud PITOMBO et al. 2007).

Assim, nestes últimos anos sempre houve muitas expectativas a respeito dos estudos que envolviam os genes, como o Projeto Genoma Humano (PGH). Estas expectativas sobre seu conceito e função foram incorporadas pela mídia e pela comunidade leiga no assunto. Como consequência se deu a formação de uma maior dificuldade para a compreensão da complexidade entre os genes e as características fenotípicas, e isso se deve ao fato também de haver um predomínio de uma visão determinista genética (KELLER, 2002).

A criação do conceito de gene acabou por gerar o determinismo genético: as características dos seres vivos são determinadas por unidades hereditárias chamadas genes. Esse conceito, por ser muito incisivo e fechado, acabou por ser dogmaticamente utilizado. A transmissibilidade das características de um ser para outras gerações não depende exclusivamente dos genes; devemos considerar a célula como um todo – com o seu citoplasma, suas mitocôndrias e o material genético que carrega em sua estrutura –, assim como o organismo como um todo, e a complexidade do meio ambiente (CONSOLARO, 2009, p.14).

Mas afinal, qual é o significado atual de gene? Na realidade isto se torna um conceito até contraditório, pois ‘gene’ pode significar uma palavra fraca demais para descrever as incompatibilidades que ela apresenta perante a nossa situação atual. O fato básico é que, no mesmo momento em que o discurso sobre genes passou a dominar tão poderosamente nosso discurso biológico, as descobertas das novas técnicas analíticas na biologia molecular e toda a sua relevância que elas proporcionaram trouxe o conceito de gene a beira do colapso. Além do mais, quando estudamos os modos, como alguns aqui apresentados, em que pelos quais o termo é hoje usado pelos biólogos, descobrimos que o gene pode se tornar muitas coisas, ou seja, não só uma única entidade, mas uma palavra de grande plasticidade e significado, e que no momento, pode ser definida somente pelo contexto experimental específico no qual é utilizada.

9 A HERANÇA EPIGENÉTICA

Durante longos anos, considerou-se que os genes eram os únicos responsáveis por transmitir as características que são hereditárias de uma geração para a outra. Porém, este conceito tem estado enfraquecido e sujeito a mudanças, pois muitos estudos vêm demonstrando que variações não-genéticas, ou seja, que são epigenéticas adquiridas durante a vida um ser vivo pode na maioria das vezes serem transmitidas às próximas gerações.

Desde os anos de 1865, quando Gregor Mendel anunciou as leis da hereditariedade, deduzidas a partir de seus experimentos com ervilhas, os genes têm sido considerados como a única forma pela qual as características biológicas podem ser transmitidas através de sucessivas gerações. Entretanto, hoje existem várias evidências moleculares da existência de uma herança não-genética. Esses estudos mostram que variações não-genéticas adquiridas durante a vida de um organismo podem frequentemente ser transmitidas para os descendentes; um fenômeno conhecido como herança epigenética (FANTAPPIÉ, 2013, p.3).

O termo “epigenética” tem origem do grego, onde “epi” significa “acima, perto, a seguir”, e hoje pode ser considerada uma ciência que estuda as mudanças nas funções dos genes, sem alterar as sequências de bases (adenina, guanina, citosina e timina) da molécula de DNA (ácido desoxirribonucleico). Estas modificações podem ser herdadas no momento em que ocorre a divisão celular (mitose), provocando um efeito perceptível na biologia do organismo, expressando assim, variados fenótipos (FANTAPPIÉ, 2013). Estas modificações no organismo podem ser induzidas pelo ambiente, como por exemplo, pelo uso de drogas, pelo estresse, pela alimentação, entre outros fatores.

Jablonka e Lamb (2010) apresentam em seu livro *‘Evolução em Quatro Dimensões: DNA, comportamento e história da vida’*, alguns tipos de sistema de herança epigenética, como segue:

- 1) **Circuitos autossustentáveis – Memórias de atividade genética:** Constitui a herança de padrões de atividade epigenética presentes na célula-mãe. Ocorre quando “um sinal

temporário ativa um gene e o produto desse gene é garante a sua atividade contínua depois” (p. 149). Ou seja, é quando podemos dizer que A causa B e B causa A. Quando o gene A está ativo, se produz uma proteína que age como uma espécie de regulador, que se liga exatamente na região de controle do gene A e o mantém ativo, mesmo após o sinal originou que provocou este desencadeamento ter sumido por completo. Então, após a divisão celular, o este sinal permanecer alto o suficiente em cada célula-filha, a proteína produzida pelo gene A vai continuar agindo como um fator de regulação positiva e o gene permanecerá ativo em ambas as células. Este tipo de herança epigenético embora se relacione aos genes, não induzem mudanças ao nível do DNA.

- 2) **Herança estrutural – Memórias da forma:** Este tipo de herança se relaciona mais com as estruturas celulares e não com a atividade dos genes. Ocorre quando “Versões alternativas de algumas estruturas celulares podem ser herdadas porque as estruturas existentes guiam a formação de estruturas celulares similares em células filhas” (p. 151). Este tipo de herança estrutural tem sido observado em cílios, isto porque a organização dos cílios é hereditária, e o número médio dos cílios é diferente entre as linhagens. Em 1960 o geneticista americano Tracy Sonneborn e seus colegas realizaram alguns experimentos com os cílios, já que estes apresentam um tamanho que possibilitasse o corte do córtex (fileiras ordenados de pelos chamados de cílios) e girá-lo a 180 graus antes de reintroduzi-lo no organismo. O observado foi que a prole também herdou esta mudança das fileiras invertidas dos cílios. Embora os cientistas afirmem que ainda desconhecem a forma como este mecanismo ocorre, a questão primordial neste caso, “é que a organização do córtex é aquilo que é alterado e transmitido, e não os seus componentes” (p.152).

Outro exemplo de herança do tipo estrutural é o caso dos príons. Eles começaram a ser mais estudados nos últimos anos porque estão associados a doenças do sistema nervoso, como a BSE (encefalite espongiforme bovina) conhecida como a doença da vaca louca, a *scrapie* em ovelhas e a CJD (doença de Creutzfeldt-Jakob) em humanos. Esses príons são agentes que não apresentam DNA ou RNA em sua estrutura, eles são feitos de proteínas. E como estes príons agem no organismo? Eles

modificam a estrutura normal de uma proteína, induzindo-a a alterar sua configuração, assumindo um formato “aberrante”. Além disso, estes príons também podem “às vezes infectar outras espécies porque conseguem converter a proteína correspondente a uma forma anormal, mesmo que ela tenha uma sequência de aminoácidos um pouco diferente” (p.156). Outro achado sobre os príons envolvem um fungo chamado de *Podospora*. Há evidências de que estes príons que se encontram neste tipo de fungo e também em algumas leveduras, não causam dano para as células destes organismos. Além disso, a descoberta destes príons proporcionou tornar conhecidas diferentes alternativas do modelo de herança mendeliano. “Esses príons podem ser transferidos de uma geração de células à outra e também servir de molde para a formação de príons semelhantes nas células-filhas” (p.156).

- 3) **Sistemas de Marcação da Cromatina – As memórias cromossômicas:** A cromatina é o material que é feito os cromossomos, ou seja, o DNA, todo RNA, as proteínas e outras moléculas que estão associadas a ele. As histonas (pequenas proteínas associadas aos cromossomos) estão presentes nos animais eucariontes e desempenham uma função estrutural que é essencial para a compactação do DNA. Elas auxiliam na formação dos nucleossomos. Assim, com a ajuda de outros tipos de histonas, que se liga a cada núcleo dos nucleossomos ao DNA entre eles, ocorre uma dobra no “cordão” de nucleossomos, na forma de uma fibra de cromatina, que se compacta mais ainda, formando um conjunto de laços. A cromatina não é algo fixo e imutável, mas sua estrutura é muito complexa. Assim, sequências iguais de DNA podem ser empacotadas de maneira distintas em células diferentes, e também em diferentes épocas de uma vida da célula. E a forma como este DNA é empacotado, bem como o tipo de densidade de proteínas e outras formas moleculares agregadas a ele, resulta no quanto deverá ser acessível esse DNA aos “fatores necessários para a transcrição dos genes” (p.157). Assim, partes da cromatina que não são feitas de DNA, são transmitidas de geração em geração, permitindo que “estados de atividades ou inatividade de genes sejam perpetuados nas linhagens celulares” (p.159). E estas marcas diferenciadas na cromatina

que são hereditárias ficaram conhecidas como “marcas da cromatina”. Elas já são objetos de estudos há alguns anos, pois os cientistas acreditam que descobrir como estas marcas são criadas, ou como elas funcionam e como são passadas para as células-filhas, é um dos enigmas para se compreender o desenvolvimento. Há diversos tipos de marcas na cromatina, sabe-se hoje que a forma mais estudada e conhecida é a metilação do DNA. Essa metilação do DNA vai alterar a forma como ele é transcrito. Quanto mais uma região é metilada, menos ela deverá ser transcrita. Assim, eles também podem influenciar na transcrição ao “interferir na ligação de fatores reguladores a uma região de controle do gene”. Pode agir ainda de maneira mais indireta, como por um conjunto de proteínas que “se ligam especificamente ao DNA metilado e impedem o maquinário de transcrição trabalhar nesta região”. Ou seja, diferentes padrões de metilação atuando em diferentes tipos de células, “são partes de um sistema que determina quais genes são silenciados e quais genes podem ser transcritos” (p.159). Além disso, também fazem parte de um sistema de herança que transmite a informação epigenética da célula-mãe às células-filhas.

Diferentes formas de marcação de cromatina também existem além da metilação. São as marcas proteicas e as formas de marcação nas histonas. Sabe-se que elas são bem específicas e localizadas, mas muito pouco ainda se conhece como elas são reconhecidas ou interpretadas. Ainda que “são induzidas pelos sinais que as células recebem durante o desenvolvimento embrionário ou em resposta a mudanças nas condições do ambiente” (p.163). Quando induzidas elas podem ser transmitidas na linhagem celular mesmo muito tempo depois de o estímulo ter desaparecido. Estes sistemas de marcação de cromatina são assim parte de “sistemas de resposta fisiológica da célula, mas são também parte de seu sistema hereditário” (p.164).

- 4) **Interferência de RNA: Silenciando os genes:** Mecanismo reconhecido em 1998, proporcionando o Prêmio Nobel em 2006 a dois cientistas americanos Craig Mello e Andrew Fire. Sabe-se ainda muito pouco sobre os RNAi, mas o conhecimento que se tem sobre eles já é muito promissor. Isto porque, “[...] demanda uma nova maneira de pensar a

transmissão de informação entre as células, combater doenças e introduzir novas características nos organismos por engenharia genética” (p.164). O RNAi leva ao silenciamento estável e herdável pelas células de genes específicos. Para atuar são necessárias pequenas moléculas de RNA conhecidas por siRNAs (pequenos RNAs de interferência). Eles podem atuar de diferentes formas, vejamos os exemplos resumidos de suas atuações. Exemplo 1: Silenciamento mediado por RNA – Inicialmente um RNA anormal é produzido. Posteriormente ele é reconhecido e picado em pedacinhos pela enzima Dicer. Os fragmentos que resultam, os siRNAs, se unem a complexos de proteínas, e com a ajuda deles passam a destruir cópias do RNA anormal. Podem também interagir com trechos do DNA que produziu esse RNA anormal e dessa forma inativa-lo inserindo uma metilação ou alguma outra marca de proteína. Exemplo 2: Amplificação dos RNAi em alguns organismos, por isso várias cópias estão presentes. Exemplo 3: O RNAi ou ele associado a outras moléculas também podem migrar pelo corpo, “andando” de célula para célula, ou até mesmo alcançando diferentes tipos de células. Exemplo 4. Eles podem se associar a alguns genes, do qual o mRNA foi produzido e criar uma metilação estável ou uma marca na cromatina ligada a uma proteína, sendo transmitida de gerações a gerações. Assim, além dele destruir o RNA anormal que se produziu ele também pode desativar o gene que o produziu.

Dessa maneira, os RNAi como sistema de herança epigenéticos podem ser muito eficientes. Pois por meio dos miRNAs as informações que silenciam os mRNAs específicos podem ser repassados não somente para as células-filhas mas também para células e tecidos mais distantes, porém ainda hoje, sabe-se muito pouco a respeito de como estas informações e a transmissão são induzidas pelas mudanças no ambiente e no desenvolvimento.

Essas quatro categorias que foram descritas anteriormente, não atuam de forma independentes uma da outra. “Por exemplo, os siRNAs do sistema de iRNA podem impedir a transcrição ao mediar a formação de marcas de cromatina e de interferência de RNA” (p.169). É muito provável que outros sistemas estejam ligados também, ou seja, “uma proteína que mantém um circuito autossustentável poderia ser parte de uma marca de cromatina ou mesmo um prion” (p.169). Assim como estes

diferentes componentes do sistema de memória celular se inter-relacionam e são complexos, supõem-se que “a transmissão de fenótipos celulares depende de um misto de elementos estruturais hereditários, circuitos bioquímicos, moléculas de RNA replicadas e marcas de cromatina” (p.169). Todos são muito variáveis, e podemos então chegar a uma conclusão: os sistemas de herança epigenéticos sozinhos podem resultar em grandes quantidades de variação hereditária.

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho possibilitou a compreensão das diversas ideias e pensamentos sobre os conceitos de herança que foram apresentados ao longo do tempo. Foram analisadas as ideias e pensamentos propostos desde as concepções mais antigas e especulativas sobre herança até as teorias e concepções mais atuais, como os conceitos que envolvem os genes e os conhecimentos sobre herança epigenética. Enfatizaram-se os autores e o conhecimento científico de cada época apresentada e algumas das suas respectivas posições filosóficas.

Dessa forma, foi demonstrado que as ideias sobre hereditariedade ao longo do tempo sempre foram apresentadas de maneira muito diversificada e controversa. Durante o século XIX surgiram muitas teorias de herança do tipo fluida e particulada. As principais teorias foram cunhadas por Darwin com a ‘pangênese’, por Weismann com o ‘plasma germinativo’, por Galton com ‘estirpes’ e Haeckel com a ‘perigênese dos plástidulos’, entre outras.

Ainda durante o século XIX houve o desenvolvimento da Teoria Celular, de grande valia, pois ela deve ser considerada como uma peça chave importante e fundamental para a formação de um novo conhecimento a respeito da organização do material celular.

Assim, em 1900 com as “redescobertas” das leis de Mendel e com o nascimento da Genética, muitas questões ligadas a hereditariedade começaram a ser mais bem exploradas. Algumas concepções como as que envolvem o termo gene, são ainda hoje muito controversas e problemáticas dentro da Biologia. Isto porque, a medida que o conhecimento avançou se agregavam novas atribuições e conceitos para este termo. Assim, abre-se espaço para novas reflexões e enfatiza-se a importância de deixar muito claro quando e como a palavra gene está sendo utilizada.

Por fim, a herança epigenética e seus complexos mecanismos e funcionamentos surgiram para mostrar que os conceitos de herança são sistemas que estão muito além dos genes. Mostra também que a ideia de hereditariedade não terminou com os genes e que novos estudos deverão ainda discutir mais o assunto em questão.

11 REFERÊNCIAS

BROOKS, William Keiht. **The Law of Heredity: A Study of the Cause of Variation and the Origin Of Living Organisms.** John Murphy & CO., Publishers. 2ª edition. Baltimore, xx p.; 1883.

CALDAS, Joseane M.; SAALFELD, Kay. **A hereditariedade nos Tempos de Fritz Müller.** Anais eletrônicos do 15º Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia. Florianópolis – SC. 17 p.; 2016.

BISCHOP, B.E. **Mendel's Opposition to Evolution and to Darwin.** *Journal of Heredity*, 1996.

CASTAÑEDA, Luzia A. **As ideias pré-mendelianas de herança e sua influência na teoria de evolução de Darwin.** Tese de doutorado: Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas. Campinas – SP. 323 p.; 1992.

CASTAÑEDA, Luzia A. **História Natural e as ideias de Geração e Herança no século XVIII: Buffon e Bonnet.** *História, Ciências e Saúde – Manguinhos*, II (2), p.33 – 50; Jul.-Oct, 1995.

COIMBRA, Glauber. **Os filósofos gregos e a hereditariedade.** Disponível em <<http://geneticainterativa.blogspot.com.br/2010/05/as-origens-da-genetica.html>, acesso em 30 de agosto de 2016.

CORREA, Clara P. **O ovário de Eva: A origem da vida.** Tradução: Sonia Coutinho, (1999) – Rio de Janeiro: Editora Campus Ltda. 468 p.; 1960.

CROTONA, Alcmeon. **In: WIKIPÉDIA: a enciclopédia livre francesa.** Disponível em: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Alcm%C3%A9on_de_Crotone, acesso em 03 de outubro de 2016.

DARWIN, Charles Robert. **The variation of animals and plants under domestication.** John Murray, Albemarle Street. London. 1868.

DARWIN, Charles Robert. **A origem das espécies.** Tradução: Carlos Duarte e Ana Duarte. – 1 ed. – São Paulo: Marin Claret, 2014.

DONDA, Pedrita Fernanda. **Erasmus Darwin e os seres vivos: concepções de ‘evolução’ e herança**. Dissertação de Mestrado, apresentada ao Departamento de Biologia da Faculdade de Filosofia, Ciência e Letras de Ribeirão Preto – USP. 47 p.; 2015.

EL HANI, Charbel Niño El-Hani. JOAQUIM, Leyla Mariane. **A genética em transformação: crise e revisão do conceito de gene**. Revista Scientiæ Studia, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 93-128, 2010.

EL-HANI, Charbel . **Dois significados de “gene” e o determinismo genético**. In: Darwinianas. 2016. Disponível em: <<https://darwinianas.com/2016/10/04/446/#more-446>, acesso em 05 de outubro de 2016.

EPICURO. In: **Toda matéria**. Disponível em (<https://www.todamateria.com.br/epicuro/>), acesso em 15 de outubro de 2016.

FANTAPPIÉ, Marcelo. **Epigenética e Memória Celular**. Revista Carbono - 3^a ed.; 2013.

FREIRE-MAIA, Newton. **Mendel – Alguns aspectos de suas investigações**. Simpósio em Homenagem a Mendel – Ciência e Cultura 38 (7); p.1108-1119; 1986.

FREZATTI, Wilson. **As críticas de Ernst Haeckel à doutrina celular**. Revista de Filosofia e História da Biologia, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 257-275, 2015.

GREENBLAT, Stephen. **A virada: o nascimento do mundo moderno** (título original: The Swerve). Tradução: Caetano Waldrigues Galindo – 1 ed. – São Paulo: Companhia das Letras; 276 p.; 2012;

GRIFFITHS, Paul E. **Lost: One gene concept**. Reward to finder. Biology and Philosophy 17: 271-283, 2002.

JABLONKA, Eva. LAMB, Marion. **Evolução em Quatro Dimensões: DNA, comportamento e história da vida**. Tradução: Claudio Angelo. São Paulo: Companhia das Letras, 512 p.; 2010.

KELLER, Evelyn Fox. **O século do gene**. Tradução: Nelson Vaz. Belo Horizonte: Editora Crisálida; 206 p.; 2002.

LEIBNIZ, Gottfried Wilhelm. In: **WIKIPÉDIA: a enciclopédia livre francesa**. Disponível em: <
https://en.wikipedia.org/wiki/Gottfried_Wilhelm_Leibniz, acesso em 15 de janeiro de 2017.

MAYR, Ernst. **Desenvolvimento do pensamento biológico: diversidade, evolução e herança**/tradução: Ivo Martinazzo – Brasília, DF: Editora Universidade de Brasília; 1107 p.; 1998.

MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. **August Weismann e evolução: os diferentes níveis de seleção**. Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência [série 2] 1: 53-74; 2003.

MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. **Lamarck e evolução orgânica: as relações entre o vivo e o não vivo**. Revista Ciência & Ambiente. Santa Maria – RS. p.36: 11-21; 2008.

MARTINS, Roberto de Andrade. **Robert Hooke e a pesquisa microscópica dos seres vivos**. Revista de Filosofia e História da Biologia – São Paulo – SP: v. 6, n. 1, p. 105-142, 2011.

MORGAN, Gareth. **Imagens da organização**: São Paulo: Atlas, 1996.

NEVES, Luiz Augusto Salles das. **Da Antiguidade à Redescoberta das Leis de Mendel**. 1 ed. – Santa Maria-RS – Editora UFSM; 274 p.; 2016.

OLIVEIRA, Ronaldo. **A compreensão da epigenética e de seus mecanismos**. Monografia apresentada como requisito parcial à conclusão do Curso de Especialização em Genética para Professores do Ensino Médio, na modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Federal do Paraná. Paranavaí – 2015.

PARMÊNIDES. **Da natureza/Parmênides**. Tradução, notas e comentários: José Trindade Santos – 3 ed. – São Paulo – SP: Edições Loyola (Coleção leituras filosóficas); 120 p.; 2013.

PESSANHA, José A. M. **Epicuro: Antologia de Textos / Da natureza. Tito Lucrécio Caro: Da República. Marco Túlio Cícero: Consolação a minha mãe Hêlvia/ Da tranquilidade da alma/Medéia, Apocoloquintose do divino Cláudio. Lúcio Aneu Sêneca: Meditações/Marco Aurélio**; traduções e nota: Agostinho da Silva, et al; estudos introdutórios de E. Joyau e G. Ribbeck – 3 ed. – São Paulo: Abril Cultural; 591 p.; 1985.

PITOMBO, Mariana Albuquerque. ALMEIDA, Ana Maria Rocha de. EL-HANI, Charbel Niño. **Conceitos de Gene e Idéias Sobre Função Gênica em Livros Didáticos de Biologia Celular e Molecular do Ensino Superior**. Revista Contexto e Educação. Editora Unijuí. Ano 22. N.77. p.81-110. 2007.

PLATÃO. **Diálogos V: O banquete; Mênon (ou da virtude); Timeu; Crítias/Platão**. Tradução: textos complementares e notas por Edson Bini – Bauru – SP: EDIPRO; 288 p.; 2010.

PRESTES, Maria Elice Brzezinski. CALDEIRA, Ana Maria de Andrade. **Introdução. A importância da história da ciência na educação científica**. Revista de Filosofia e História da Biologia – São Paulo – SP: v. 4, p. 1-16, 2009.

RAMOS, Maurício. **A Vênus física de Maupertuis: antigas idéias sobre a geração reformadas pelo mecanicismo newtoniano** – São Paulo – SP: Revista Scientiae Studia. v.3, n.1, p.79-101; 2005.

RAMOS, Maurício. **A geração dos corpos organizados em Maupertuis** – São Paulo – SP: Revista Scientiae Studia: Editora 34; 368 p.; 2009.

SÉGINGER, Gisèle. **Lamarck e a imaginação científica**. Anais do V Encontro Internacional UFES/ Paris-Est. Vitória – ES. 11 p.; 2015.

SINGER, Charles. **Uma breve história da anatomia e fisiologia desde os gregos até Harvey**. Tradução: Marina Rachel Araújo – Campinas – SP: Editora da UNICAMP; 234 p.; 1996.

TRATTNER, Ernest B. **Arquitetos de ideias: As grandes teorias da humanidade**. Tradução: Leonel Vallandro – 2 ed. – Porto Alegre – RS: Editora Globo; 376 p.; 1958.

ZEDDER, Melinda A. Domestication and early agriculture in the Mediterranean Basin: Origins, diffusion, and impact. PNAS. Vol 105, n°33 – Philadelphia/EUA; p.11597-11604; 2008.